

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
CLAUDIA TOCHETTO

**ATIVIDADE FOTOSSINTÉTICA DE PLANTAS DE SOJA TRATADAS COM
SACAROSE NO PERÍODO REPRODUTIVO**

Curitibanos
2015

CLAUDIA TOCHETTO

**ATIVIDADE FOTOSSINTÉTICA DE PLANTAS DE SOJA TRATADAS COM
SACAROSE NO PERÍODO REPRODUTIVO**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao
Curso de Agronomia, do Centro de Curitibanos
da Universidade Federal de Santa Catarina como
requisito para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Samuel Luiz Fioreze

Curitibanos
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Tochetto, Claudia

ATIVIDADE FOTOSSINTÉTICA DE PLANTAS DE SOJA TRATADAS COM
SACAROSE NO PERÍODO REPRODUTIVO / Claudia Tochetto ;
orientador, Samuel Luiz Fioreze - Curitibanos, SC, 2015.
64 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos. Graduação em Agronomia.

Inclui referências

1. Agronomia. 2. Glycine max (L.) Merr. 3. Abscisão de
flores. 4. Atividade Fotossintética. 5. Sacarose. I.
Fioreze, Samuel Luiz . II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Agronomia. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia
Rodovia Ulysses Gaboardi km3
CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC
TELEFONE (048) 3721-2178 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

CLÁUDIA TOCHETTO

ATIVIDADE FOTOSSINTÉTICA DE PLANTAS DE SOJA TRATADAS COM SACAROSE NO PERÍODO REPRODUTIVO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao
Colegiado do Curso de Agronomia, do Campus
Curitibanos da Universidade Federal de Santa Catarina,
como requisito para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Samuel Luiz Fioreze

Data da defesa: 02 de Dezembro de 2015

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:

Presidente e Orientador: Samuel Luiz Fioreze
Titulação Doutorado
Área de concentração em Agricultura
Universidade Federal de Santa Catarina

Membro Titular: Ivan Sestari
Titulação: Doutorado
Área de concentração em Bioquímica e Fisiologia de Plantas
Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina

Membro Titular: Cláudia Aparecida Guginski Piva
Titulação: Mestrado
Área de concentração em Agronomia
Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina

Local: Universidade Federal de Santa Catarina
Campus de Curitibanos

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas oportunidades, força e fé para seguir sempre em frente e realizar cada desafio disposto em minha vida.

A minha família, minha mãe Elisete, meu pai Claudemir e minha irmã Caroline, pelo amor, carinho, incentivos e a força nos momentos difíceis.

Aos meus tios e avós por todas as orações e carinho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Samuel Luiz Fioreze, pelos ensinamentos, incentivos, orientação e apoio na realização deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas de graduação Paulo, José, Antônio(Coelho) Renata, Sibila, Joozi, Luiz Marcelo, Aline, Luiz, Thais, Jonathan que me ajudaram na condução e avaliação dos ensaios.

Agradeço ao Dr. Paulo César Magalhães, pelo incentivo, atenção, e conhecimentos repassados.

Aos meus amigos e colegas da Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas/MG, agradeço a amizade e o apoio.

A todos os demais Professores e servidores da Universidade Federal de Santa Catarina - Centro Curitibanos, que de alguma maneira auxiliaram em minha formação.

Muito Obrigado.

RESUMO

O potencial de rendimento da cultura da soja depende da capacidade de fixação de flores e do desenvolvimento destas em vagens maduras. A soja apresenta elevadas taxas de abscisão de flores, sendo que entre os fatores limitantes, estaria o fornecimento insuficiente de carboidratos para flores e vagens em desenvolvimento inicial. O presente estudo teve por objetivo avaliar o comportamento fotossintético e produtivo de plantas de soja em função do suprimento exógeno de sacarose em folhas e flores durante o período reprodutivo. Foram conduzidos dois experimentos, o Experimento 1, realizado em casa de vegetação, para definição das doses a serem aplicadas no Experimento 2, conduzido à campo na área experimental da UFSC - Centro de Curitibanos. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições, para os dois experimentos, os tratamentos foram aplicados durante o estágio R1. Para o experimento 1, os tratamentos foram constituídos pela aplicação, via foliar, de 0, 15, 30, 45 e 60 μmol de sacarose. O experimento 2, foi composto por métodos de aplicação via foliar e direcionada às flores, com as doses de 15 e 60 μmol . A solução de sacarose foi preparada em água destilada, juntamente com um agente espalhante adesivo não iônico. Foram avaliadas a assimilação líquida de carbono (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E), concentração interna de CO_2 (C_i) e relação C_i/C_a . As medidas foram obtidas em intervalos de três horas, das 9:00 às 18:00, no dia da aplicação. No final do ciclo da cultura as plantas foram divididas em terço inferior, médio e superior para avaliação do número de vagens, número de grãos e massa de grãos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$), quando detectados variações significativas, as médias foram contrastadas através do Teste T Student ($p < 0,05$). O suprimento exógeno de sacarose via foliar reduz a atividade fotossintética de plantas de soja, principalmente quando cultivadas em casa de vegetação, essa redução está associada a limitações estomáticas. No entanto, a aplicação foliar de sacarosa reduziu a massa de grãos apenas em plantas de soja cultivadas em casa de vegetação. No campo, a aplicação direcionada às flores ou via foliar, não afetou os componentes de produção e tampouco a produção de grãos em plantas de soja.

Palavras-Chave: *Glycine max* (L.) Merr. Abscisão de flores. Fotoassimilados.

ABSTRACT

The potential soybean yield depends on the flowers fixation capacity which light result in mature pods. Soy has high rates of abscission of flowers, and among the limiting factors are the insufficient supply of carbohydrates for flowers and pods in early development. The objective of this study was to evaluate the photosynthetic and productive behavior of soybean by exogenous supply of sucrose in leaves and flowers during the reproductive period. Two experiments were conducted, the first are, conducted in a greenhouse, to define the doses to be applied in experiment 2, conducted in the at experimental area of the UFSC - Centro de Curitibanos. The experimental design was a randomized block with four replications for two experiments, treatments were applied during the R1 stage. In the experiment 1, the treatments consisted of the application, foliar, 0, 15, 30, 45 and 60 μmol sucrose. Experiment 2 was composed by foliar application methods and directed to the flowers at the doses of 15 and 60 μmol of sucrose. The sucrose solution was prepared in distilled water along with a nonionic spreader-sticker. We assessed the net assimilation of carbon (A), stomatal conductance (g_s), transpiration (E), internal CO_2 concentration (C_i) and relationship C_i/C_a . Measurements were obtained at intervals of three hours, from 9:00 to 18:00, at the day of application. The end of the crop cycle, plants were divided into below, medium and higher to assess the number of pods, number of grains and grain yield. The data were submitted to variance analysis ($p < 0.05$) when detected significant variations, the means were contrasted using the Student t test ($p < 0.05$). The exogenous sucrose supply reduced the photosynthetic activity of soybean plants, especially when growend in a greenhouse, is reduction is associated with stomatal limitations. However, application of sucrose reduced the grain weight only in soybean plants grown in a greenhouse. In the field, the application directed to flowers or foliar did not affect the components of production nor grain production in soybean plants.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merr. Abscission of flowers. Photoassimilates.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Pluviosidade (mm) e temperatura (°C), durante o período de condução do experimento. Semeadura realizada 20 de novembro e aplicação de sacarose no estádio R1, no dia 30 de janeiro. O acumulado de chuva no período de cultivo foi de 904 mm. Curitiba, 2014/2015.30

Figura 2 - Assimilação de carbono (*A*), Condutância estomática (*g_s*), Transpiração (*E*), Concentração interna de CO₂ na folha (*C_i*) e Relação *C_i/C_a* (intra/extracelular) em função da aplicação via foliar de diferentes doses (0; 15; 30; 45 e 60 µmol) de sacarose no estádio (R1) de plantas de soja. Curitiba-SC, 2015. **significativo à 1% de probabilidade.....34

Figura 3 - Assimilação de carbono (*A*), condutância estomática (*g_s*), transpiração (*E*), concentração interna de CO₂ na folha (*C_i*) e relação *C_i/C_a* (intra/extracelular) em função do horário após a aplicação de sacarose no estádio (R1) de plantas de soja, em intervalos de três horas. Curitiba-SC, 2015. **significativo à 1% de probabilidade.....37

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Atributos químicos de solo (Mehlich 1) utilizado em vasos, coletados na camada de 0-20cm de profundidade, antes da instalação do experimento. Curitiba (SC), 2014.....27
- Tabela 2** - Atributos químicos de solo (Mehlich 1) em canteiros, coletados na camada de 0-20cm de profundidade, antes da instalação do experimento. Curitiba (SC), 2014.....29
- Tabela 3** -Resumo da análise de variância para as trocas gasosas, (valores de F) de plantas de soja, tratadas com sacarose no estágio R1 em casa de vegetação. Curitiba (SC), 2015.....33
- Tabela 4** - Comparação de médias referente a assimilação de carbono (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E), concentração interna de CO_2 na folha (C_i) e relação C_i/C_a (intra/extracelular) em função das diferentes doses de sacarose aplicadas durante o estágio R1. Curitiba (SC), 2015.....35
- Tabela 5** - Comparação de médias referente a assimilação de carbono (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E), concentração interna de CO_2 na folha (C_i) e relação C_i/C_a (intra/extracelular) em função do horário de realização das medidas de trocas gasosas após a aplicação de sacarose no estágio (R1) de plantas de soja. Curitiba-SC, 2015.....38
- Tabela 6** - Resumo da análise de variância referente aos componentes de produção de plantas de soja (BMX Ativa) em função da aplicação de sacarose no estágio R1 em casa de vegetação, as plantas foram divididas em terço inferior, médio e superior para análise. Curitiba (SC), 2015.41
- Tabela 7** - Comparação de médias para número de vagens no terço inferior com um grão da produção de plantas de soja (BMX Ativa) em função da aplicação de sacarose no período reprodutivo em casa de vegetação. Curitiba (SC), 2015....42

Tabela 8 - Resumo da análise de variância referente aos componentes de produção e produtividade da soja BMX Ativa em função da aplicação de sacarose no estágio R1 em casa de vegetação. Curitiba (SC), 2015.43

Tabela 9 - Resumo da análise de variância referente aos componentes de produção e produtividade de plantas de soja (BMX Ativa) em função da aplicação de sacarose durante o estágio R1 em casa de vegetação. Curitiba (SC), 2015.43

Tabela 10 - Comparação de médias para número de grãos por planta e massa de grãos por planta, correspondente aos componentes de produção de plantas de soja (BMX Ativa) em função da aplicação de diferentes doses de sacarose durante o estágio R1 em casa de vegetação. Curitiba (SC), 2015.44

Tabela 11 - Resumo da análise de variância (valores de F) para a taxa de assimilação de carbono (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E), concentração interna de CO_2 na folha (C_i) e relação C_i/C_a (intra/extracelular) após aplicação de diferentes doses de sacarose via foliar e direcionada as flores em plantas de soja (BMX Ativa) durante o estágio R1. Curitiba (SC), 2015.45

Tabela 12 - Comparação de médias referente a condutância estomática (g_s), em função das doses de sacarose aplicadas, via foliar e via aplicação direcionada as flores, durante o estágio R1 de plantas de soja (BMX Ativa). Curitiba-SC, 2015.47

Tabela 13 - Comparação de médias referente a relação C_i/C_a ($\mu mol CO_2$), em função das diferentes doses de sacarose aplicadas, via foliar e via aplicação direcionada as flores, durante o estágio R1 de plantas de soja (BMX Ativa). Curitiba-SC, 2015.47

Tabela 14 - Resumo da análise de variância referente aos componentes de produção de plantas de soja (BMX Ativa) em função da aplicação de sacarose no estágio R1 em cultivo à campo, as plantas foram divididas em terço inferior, médio e superior para análise. Curitiba (SC), 2015.49

| | |
|---|----|
| Tabela 15 - Resumo da análise de variância referente ao peso de mil grãos e a produtividade de plantas de soja (BMX Ativa) em função da aplicação de diferentes doses de sacarose durante o estágio R1. Curitiba (SC), 2015..... | 50 |
|---|----|

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA | 16 |
| 1.2 OBJETIVO | 17 |
| 1.2.1 Objetivo Geral | 17 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos | 17 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 18 |
| 2.1 ORIGEM E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA | 18 |
| 2.2 COMPONENTES DA PRODUTIVIDADE E RENDIMENTO | 19 |
| 2.4 EFICIÊNCIA FOTOSSÍNTESE E METABOLISMO DE CARBOIDRATOS | 23 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 26 |
| 3.1 EXPERIMENTO 1: ESTUDO DE DOSE-RESPOSTA DE SACAROSE SOBRE A FOTOSSÍNTESE EM FOLHAS DE SOJA | 26 |
| 3.1.1 Localização da Área Experimental e Período de Condução | 26 |
| 3.1.2 Tratamentos e Delineamento Experimental | 26 |
| 3.1.3 Instalação e Condução do Experimento | 27 |
| 3.1.4 Avaliações | 28 |
| 3.1.4.1 Trocas Gasosas | 28 |
| 3.1.4.2 Componentes da Produção e Produtividade | 28 |
| 3.1.5 Análises dos Dados | 28 |
| 3.2 EXPERIMENTO 2: SUPRIMENTO EXÓGENO DE SACAROSE EM FOLHAS E FLORES DE SOJA | 29 |
| 3.2.1 Localização da Área Experimental e Período de Condução | 29 |
| 3.2.2 Tratamentos e Delineamento Experimental | 30 |
| 3.2.3 Instalação e Condução do Experimento | 30 |
| 3.2.4 Avaliações | 31 |
| 3.2.4.1 Trocas Gasosas | 31 |
| 3.2.4.2 Componentes da Produção e Produtividade | 32 |
| 3.2.5 Análises dos Dados | 32 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 33 |
| 4.1 EXPERIMENTO 1: ESTUDO DE DOSE-RESPOSTA DE SACAROSE SOBRE A FOTOSSÍNTESE EM FOLHAS DE SOJA | 33 |
| 4.1.1 Trocas Gasosas | 33 |

| | |
|--|----|
| 4.1.2 Componentes de Produção | 40 |
| 4.2 EXPERIMENTO 2: SUPRIMENTO EXÓGENO DE SACAROSE EM FOLHAS E FLORES DE PLANTAS DE SOJA CONDUZIDO Á CAMPO | 44 |
| 4.2.1 Trocas Gasosas | 44 |
| 4.4.2 Componentes de Produção e Produtividade | 48 |
| 5 CONCLUSÕES | 53 |
| REFERÊNCIAS | 54 |

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine Max (L.) Merrill*) apresenta grande importância no setor do agronegócio brasileiro. No Brasil, a partir dos anos 1970 a produção da soja passou a ter grande relevância perante o cenário agrícola. Atualmente, caracteriza o país como segundo maior produtor de soja do mundo. De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2015), devido ao desempenho da soja nas diversas regiões produtoras do país, a safra 2014/2015 foi de 96,24 milhões de toneladas, representando um incremento de 11,8% em relação ao produzido no ano anterior. A projeção para safra 2015/2016 é de um novo recorde de produção (USDA, 2015), decorrentes do aumento das áreas cultivadas, avanços genéticos e do incremento da produtividade pela utilização de novas tecnologias, demonstrando o potencial produtivo da cultura no país (KOESTER, *et al.*, 2014).

Apesar da frequente obtenção de novas variedades, com alto potencial de rendimento, a cultura vem alcançando seu patamar máximo de produtividade, dificultando a busca por genótipos que detenham características que proporcionem maior produção e minimizem alguns fatores limitantes (NAVARRO JUNIOR; COSTA, 2002). A estagnação dos patamares de produtividade deve-se a utilização de um número reduzido de genitores, devido a intensa seleção e exclusão de alelos que poderiam ser de interesse. No entanto, o potencial de rendimento teórico dos materiais genéticos cultivados acaba não sendo expresso, em função da interação com o ambiente e seus efeitos sobre as características da regulação da expressão da capacidade produtiva da planta, atuando em diferentes estádios de desenvolvimento, os quais podem refletir no rendimento final esperado da cultura (BRONDANI; BRONDANI; RANGEL, 2003).

O rendimento de grãos de soja pode ser determinado pelo número de flores que cada planta pode produzir e a quantidade destas que geram vagens férteis. Todavia, parte deste potencial é perdido, em função do abortamento e abscisão de estruturas reprodutivas (flores, vagens). Entre 27% e 84% das flores não são fixadas, demonstrando um grande potencial de produção que não é expresso na formação de vagens (NAVARRO JUNIOR; COSTA, 2002).

O período de fixação de flores e vagens é crítico em relação a expressão do potencial de rendimento da cultura. De acordo com Dybing (1994), muita ênfase tem

sido dada aos processos de enchimento de grãos. Porém, menos entendidos são fatores que atuam no período de florescimento (MCBLAIN; HUME, 1981).

Alguns fatores são considerados como limitantes para a definição dos componentes de rendimento, sendo necessária a identificação destes, e do grau de interação entre si. Os fatores envolvidos seriam a disponibilidade de nutrientes, a concentração endógena de alguns hormônios vegetais, como o ácido abscísico e a citocinina (LIU; JENSEN; ANDERSEN, 2004b). Além disso, as condições ambientais, a dinâmica de florescimento, idade, posicionamento e vascularização das flores (EGLI; BRUENING, 2002), e o metabolismo de carboidratos durante o período reprodutivo da cultura, que são determinados por variações da taxa fotossintética e processos fisiológicos envolvidos (FAGERIA *et al.*, 2006).

O fornecimento insuficiente de fotoassimilados para flores e vagens em desenvolvimento é um dos fatores determinantes no abortamento destas estruturas reprodutivas (HEIDEL; BRUN, 1983; ANTOS; WIEBOLD, 1984; NONOKAWA *et al.*, 2012).

É possível que a limitação do metabolismo fotossintético de plantas de soja durante a fase reprodutiva esteja relacionada com a baixa capacidade de síntese nos tecidos fonte (folhas), e reduzida capacidade de utilização nos órgãos dreno (flores), ou mesmo, com a capacidade de transporte de assimilados das fontes para os drenos. Desta forma, o suprimento exógeno de sacarose durante o período reprodutivo poderia auxiliar no entendimento do controle da fixação de flores e vagens em plantas de soja.

1.1 JUSTIFICATIVA

A busca por melhor entendimento dos processos envolvidos no controle do potencial produtivo da soja é de grande importância para a obtenção de índices cada vez maiores de produtividade. Outra meta buscada pelos produtores é a de suprir a crescente demanda mundial por alimentos, sem haver a necessidade de abertura de novas áreas de produção.

Para se aumentar a produtividade de uma cultura, deve-se entender os processos fisiológicos relacionados com sua capacidade de assimilar carboidratos em seu período de florescimento, para que as limitações sejam identificadas e, se possível, superadas através de trabalhos de pesquisa. Desta forma, é preciso identificar os pontos chave na expressão do potencial produtivo da cultura, visando o aumento da fixação de flores e maior número de vagens por planta. Altas produtividades estão associadas à capacidade das plantas de produzir e acumular assimilados em órgãos de interesse econômico (FAGERIA, 2006), melhorando o índice de colheita (fração de grãos em relação à matéria seca total da planta) (Durães *et al.*, 1993). Deste modo, a fotossíntese é um processo diretamente relacionado com a produtividade vegetal. O estudo dos fatores que controlam o metabolismo fotossintético de plantas cultivadas é de fundamental importância para que maior eficiência produtiva seja obtida e determinada pelo rendimento da cultura.

Os resultados obtidos no presente trabalho poderão proporcionar melhor entendimento do processo de fixação de vagens na cultura da soja. Os resultados servirão de apoio para o planejamento de uma série de novas pesquisas, que possam esclarecer os fatores limitantes vinculados ao abortamento das flores da soja, fornecendo bases científicas para a busca de novas tecnologias relacionadas com o rendimento da cultura.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo Geral

Estudar o comportamento fotossintético e produtivo de plantas de soja em função do suprimento exógeno de sacarose em folhas e flores durante o período reprodutivo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Verificar os efeitos do suprimento exógeno de sacarose sobre os parâmetros da assimilação líquida de carbono em plantas de soja;
- Verificar se o suprimento exógeno de sacarose via foliar aumenta a fixação de flores na cultura da soja;
- Verificar se o suprimento exógeno de sacarose direcionado as flores aumenta a fixação de flores na cultura da soja.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ORIGEM E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA

Segundo registros históricos e evidências geográficas a soja foi domesticada e têm seu centro de origem na região do norte da China. A expansão da cultura pelo mundo, foi difundida no final do século XIX, (ALIYEV; MIRZOYEV, 2010), inicialmente cultivada na China e Japão, ficando restrito seu cultivo até 1894, quando em 1970 passou a ser produzida no continente europeu. Nos Estados Unidos, o primeiro relato do início de seu cultivo foi em 1804, seu potencial foi reconhecido e seu cultivo recomendado a partir de 1880. Porém, a grande expansão como cultura produtora de grãos ocorreu a partir de 1930 (SEDIYAMA *et al.*, 2005).

A soja chegou ao Brasil via Estados Unidos em 1882, na época, assim como nos EUA, era cultivada como espécie forrageira, sendo, eventualmente empregada para produção de grãos e consumo animal (EMBRAPA, 2002). Em 1960 o cultivo da soja no Brasil obteve grande expansão, inicialmente na região sul do país, decorrente da sua melhor adaptação, em seguida havendo seu crescimento para as demais regiões produtoras, devido aos programas de melhoramento genético desenvolvidos para a cultura, propiciando a tropicalização da oleaginosa (LANGE, 2008).

Os grãos de soja obtêm enorme valor econômico por apresentarem altos níveis acumulativos de lipídeos e proteína. Em média, a semente contém em relação ao seu peso 20% de óleo e 40% de proteínas além da presença de aminoácidos essenciais (FEHR, 1987). A soja foi, portanto, se tornando um alimento-chave para a nutrição humana e animal, desde seus primeiros cultivos, pelos povos asiáticos, e posteriormente, a principal fonte de proteína e óleo vegetal (LANGE, 2008).

O grão atualmente é empregado para alimentação humana, no arraçãoamento de animais, para produção de derivados e produtos distintos como combustíveis (biodiesel) e uma série de produtos destinados às indústrias (NEVES, 2011).

Entre os maiores produtores mundiais da cultura destacam-se, os Estados Unidos, Brasil, Argentina, China, Índia, Canadá e Bolívia, entre as leguminosas produtoras de grãos, a soja é a mais importante (UNITED STATES, 2013). Dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2015), destacam como as principais regiões produtoras do Brasil, o Sul e Centro-Oeste.

Para o estado de Santa Catarina, a importância da cultura da soja, está associada com a produção agropecuária, pois o estado se destaca como maior produtor de carne suína do país e segundo maior produtor de carne de frango. Devido a esses fatores, a necessidade de abastecimento de grãos do estado, envolve interesses econômicos e sociais, pois a agricultura de Santa Catarina é constituída, em sua maioria, por pequenas propriedades com produção de grãos limitada. Devido à necessidade de arraçoamento do rebanho acaba por importar grãos de outros estados (DENARDIN; SULZBACH, 2002).

2.2 COMPONENTES DA PRODUTIVIDADE E RENDIMENTO

A produtividade da soja pode ser analisada através de três principais componentes de rendimento, definidos através da relação do número de vagens por planta ou por área, número de grãos por vagem e o peso médio de grãos. O número de vagens é determinado pelo balanço entre a produção de flores por planta e a proporção destas, que se desenvolvem em vagens. O número de flores por planta, por sua vez, é determinado pelo número de flores por nó e pelo número de nós por planta (JIANG; EGLI, 1993).

De acordo com Jiang e Egli (1993), as atuações de maneira isolada dos componentes de produção não afetam a produtividade, mas sim, de maneira conjunta ocasionam expressivas reduções. A produtividade é, portanto, resultante da interação de todos os seus componentes (flores, vagens e grãos), os quais, segundo Herbert e Litchfield (1982) são considerados como os mais importantes para o rendimento da soja, o número de vagens por planta e de grãos por vagens. Em muitos casos, o aumento em um dos componentes resulta na diminuição de outro, dificultando-se o aumento da produtividade (FAGERIA *et al.*, 2006). Porém, a redução do número de grãos parcial pode compensar o incremento no peso destes (HERBERT; LITCHFIELD, 1982).

Os estudos dos componentes da produção da cultura são cruciais, quando relacionados aos conhecimentos fisiológicos, pois, podem ser utilizados para a seleção de materiais genéticos superiores e de forma conjunta para o desenvolvimento de práticas de cultivo, que visem a maior produtividade. A interação entre componentes da produção e a produtividade, podem auxiliar no

melhor entendimento dos fatores que limitam a expressão do potencial da cultura (FAGERIA *et al.*, 2006).

De acordo com Evans (1993), em condições de cultivo favoráveis é obtido o potencial produtivo de uma cultura, definido a partir da eliminação dos fatores que limitam o desenvolvimento das plantas, como doenças, deficiências nutricionais, pragas, plantas invasoras e excesso ou falta de água durante todo o ciclo da cultura.

As características envolvidas no abortamento de flores são altamente influenciadas pelas condições do ambiente de cultivo. Segundo Tanksley (1993), o número de óvulos e o abortamento de embriões são decorrentes da interação entre o genótipo e o ambiente de cultivo, estando relacionados a características quantitativas. Entretanto, acredita-se que para o sucesso final, este pode ser alcançado através da adoção de boas práticas de manejo, porém, sendo dependente do fator genético das modernas cultivares, cultivadas nos dias atuais.

A elucidação dos fatores envolvidos no período de florescimento da cultura, são eventos chave para elevar o potencial reprodutivo, pois é durante a floração que o potencial de vagens por planta e grãos por vagem são definidos (MCBLAIN; HUME, 1981). No entanto, o evento da grande produção de flores pela soja e sua capacidade de produzi-las após iniciado o processo de enchimento de grãos, são comprometidos devido à abscisão da grande maioria das flores emitidas. Contudo, este potencial de produção não é refletido no rendimento final (DYBING, 1994).

Os estudos realizados para identificar os reais mecanismos envolvidos nos processos que reduzem a fixação de flores em materiais genéticos altamente selecionados, podem contribuir para avanço no rendimento potencial da cultura.

2.3 FATORES ASSOCIADOS À ABSCISÃO DE FLORES DE SOJA

A soja apresenta durante seu desenvolvimento alguns fatores que podem limitar a expressão de seu alto potencial genético em termos de produtividade, envolvidos principalmente, em seu período reprodutivo. A ocorrência de abortamento de grandes quantidades de flores e vagens é comumente observada na cultura (DYBING *et al.*, 1986), sendo verificado, mesmo em flores polinizadas e fecundadas.

A maior taxa de abscisão de flores ocorre após a fertilização, particularmente durante os primeiros estágios do desenvolvimento embrionário (KATO; SAKAGUCHI, 1954; KATO; SAKAGUCHI; NAITO, 1955; KATO, 1964; KOKUBUN,

2011). Segundo Peterson *et al.*, (1990) o abortamento ocorre dias após a antese (DAA), durante o desenvolvimento do embrião entre (3-5 DAA), mesmo sob ótimas condições ambientais (CARLSON *et al.*, 1987).

Os mecanismos fisiológicos envolvidos na abscisão de flores e vagens não são completamente compreendidos. Porém, vários fatores podem estar envolvidos no controle da abscisão de estruturas reprodutivas, entre eles, fatores genéticos, fatores endógenos, como hormônios, disponibilidade de nutrientes e assimilados, características anatômicas, além de fatores ambientais, como água, luz e temperatura.

De acordo com Wiens *et al.*, (1984), em algumas espécies o baixo nível de fecundidade é verificado em função do abortamento programado geneticamente em embriões jovens, no caso de plantas perenes, a perda pode chegar até 50% dos óvulos, podendo parte desta porcentagem estar atribuída a fatores ecológicos.

Estudos demonstram que a abscisão das estruturas reprodutivas em leguminosas é mediada por fitohormônios (HUFF; DYBING, 1980; HEINDL *et al.*, 1982; CARLSON *et al.*, 1987). O balanço hormonal no período reprodutivo, tem como os principais hormônios envolvidos, a citocinina, auxina, giberelina e o ácido abscísico. De modo que, a atividade de citocinina é observada logo após a antese, seguida de picos de giberelina e auxina e por fim o pico de atividade do ácido abscísico (MARSCHNER, 1995).

A citocinina está relacionada aos processos de divisão celular, sendo o período mais crítico do desenvolvimento do embrião (KOKUBUN; HONDA, 2000), é responsável por estabelecer o potencial de força de dreno nos estádios iniciais do desenvolvimento reprodutivo (CARLSON *et al.*, 1987; DIETRICH *et al.*, 1995). A aplicação exógena de fitohormônio, como citocinina, em racemos individuais pode evitar o aborto de vagens em soja em condição de cultivo irrigado (NAGEL *et al.*, 2001). No entanto, a ocorrência de déficit hídrico, resulta em redução na concentração deste hormônio, que por sua vez, pode estar associada ao abortamento de estruturas reprodutivas (YANG *et al.*, 2002).

A atividade dos demais hormônios, como a giberelina e auxina, promovem o alongamento celular, que determina o tamanho do embrião (SUSUKI *et al.*, 2000; KOKUBUN; HONDA, 2000). Enquanto, em elevadas concentrações o efeito do ácido abscísico durante os primeiros estádios embrionário, pode inibir a divisão

celular além de promover distúrbios no metabolismo de carboidratos (WANG *et al.*, 2001).

Estudos realizados na década de 1970 e 1980 sugerem que o abortamento de flores da soja é ocasionado principalmente pela deficiência ou pela competição por nutrientes e fotoassimilados entre órgãos de crescimento (BREVEDAN *et al.*, 1978; STREETER; JEFFERS, 1979; BRUN; BETTS 1984; ANTOS; WIEBOLD, 1984).

A deficiência de nutrientes minerais como o cálcio, que está envolvido nos processos de fecundação e no desenvolvimento inicial do embrião em sementes, também pode afetar a fixação de flores. O cálcio, se movimenta nas plantas, basicamente pelo xilema, o qual é altamente dependente do fluxo transpiratório de um determinado tecido (EPSTEIN; BLOOM, 2006). O cálcio e prótons (H^+), atuam em processos de alongamento do tubo polínico além de outros íons como o boro, potássio e o cloro, envolvidos no crescimento do tubo polínico (KRICHEVSKY *et al.*, 2007).

O fornecimento de fotoassimilados durante o período reprodutivo, também está envolvido no controle de fixação de flores (LIU; JENSEN; ANDERSEN, 2004a). Segundo Brun e Bets (1984), a fixação de flores é determinada pela quantidade de fotoassimilados disponíveis, que é menor em flores com maior tendência à abscisão, sendo que flores e frutos da posição proximal afetam o desenvolvimento daquelas da posição distal decorrente da competição entre fotoassimilados. De maneira que, as flores localizadas na posição distal de racemos são muito mais propensas a abscisão do que são as flores proximais (BRUN; BETTS, 1984; HUFF; DYBING, 1980).

Kokubun, Shimada e Takahashi (2001), verificaram que flores em posições basais do racemo de plantas de soja apresentaram elevada porcentagem de fixação, a qual tende à zero em flores localizadas em posições apicais do racemo, considerando-se em condições ambientais sem estresse. Davies (1995) relata, que para a vagem de uma leguminosa, como a soja, o trifólio que se desenvolve junto a ela terá a maior participação para o seu enchimento. Desta maneira, a idade e a posição em que as flores de soja são emitidas é, portanto, fator determinante para o seu desenvolvimento. Considerando-se que a competição por fotoassimilados entre flores emitidas tardiamente e vagens em fase inicial de desenvolvimento que apresentam rápida expansão, podem contribuir para o abortamento de flores

emitidas tardiamente (HUFF; DYBING, 1980; EGLI; BRUENING, 2002; FAKIR *et al.*, 2011).

Os processos vinculados ao transporte de fotoassimilados para os drenos, também estão relacionados ao rendimento da cultura e produtividade de plantas (GIFFORD *et al.*, 1984). Wiebold e Panciera (1990) observaram que o desenvolvimento vascular, tanto do floema quanto do xilema varia em função do tempo e da posição das flores na planta, sendo que posições distais da planta ou do racemo apresentam menor vascularização e, por consequência, menores chances de desenvolvimento.

A baixa vascularização de estruturas reprodutivas jovens (MONDAL *et al.*, 2011), está associada à baixa taxa de transpiração dessas estruturas (WHITE; BROADLEY, 2003), que resulta em limitações do fluxo de cálcio, agravadas pela limitação do fluxo de água (FIOREZE *et al.*, 2013).

As alterações das condições ambientais podem reduzir a oferta de fotossintatos durante o crescimento reprodutivo ocasionando uma redução no número de flores e vagens (JIANG; EGLI, 1993; LIU, *et al.*, 2011). O estresse hídrico, (DYBING; GHIASI; PAECH, 1986; LIU; ANDEERSEN; JENSEN, 2003), condições de sombreamento e redução da radiação solar (KOKUBUN, 1988; LIU *et al.*, 2011), neste período podem aumentar significativamente a taxa de abortamento, devido a redução das taxas fotossintéticas e o transporte de nutrientes.

2.4 EFICIÊNCIA FOTOSSÍNTÉTICA E METABOLISMO DE CARBOIDRATOS

A soja caracteriza-se por ser uma espécie que apresenta mecanismo C3, com eficiência fotossintética e aproveitamento da radiação solar inferior se comparada a plantas C4, devido anatomia foliar, forma de incorporação da molécula de CO₂, a proximidade entre o local de síntese de carboidratos e feixes vasculares, o ponto de compensação e a eficiência no uso da água. Na cultura, a taxa fotossintética e variação respiratória acontecem de acordo com seu desenvolvimento e dos fatores ambientais, devido à alteração na força dreno, na arquitetura e estrutura foliar do dossel vegetativo. Estando simultaneamente relacionados com a expansão foliar e o aumento da taxa fotossintética de modo gradativo durante o estágio vegetativo para o reprodutivo, atingindo valores máximos no período de enchimento de grãos (CASAROLI *et al.*, 2007).

A biossíntese de sacarose ocorre durante o dia, havendo como substrato as trioses-fosfato, que são liberadas do cloroplasto em troca por fosfato inorgânico. Quando a atividade fotossintética excede a demanda, o excesso de fotoassimilados é estocado na forma de amido (SANTOS *et al.*, 2004). A utilização do amido ocorre durante a noite, fornecendo glicose na forma de substrato para a biossíntese de sacarose, derivada da degradação amilolítica (SCHLEUCHER; VANDERVEER; SHARKEY, 1998).

A sacarose é considerada um dos principais produtos fotossintéticos primários exportados da folha da soja, apresentando caráter não-redutor, como principal motivo explicado pela sua larga distribuição e utilização por plantas superiores. Estudos demonstram, que a sacarose participa em cerca de 90% do total dos fotoassimilados translocados, ao comparar a velocidade de transportes dos demais compostos produzidos, estes são transportados de forma mais lenta que a sacarose.

As moléculas de açúcares podem agir como sinalizadoras que regulam processos metabólicos. Em geral, a deficiência de carboidratos aumenta a expressão de genes para a fotossíntese. Entretanto, o aumento das concentrações de sacarose na fonte pode resultar em taxas fotossintéticas menores (MAJEROWICZ, 2008).

Estudos realizados com plantas C3 indicam que o controle metabólico da atividade fotossintética na fonte é pela demanda do dreno, promovido por sinalização de “feedback” e mediada por açúcares (ABDIN *et al.*, 1998; ROLLAND; MOORE; SHEEN, 2002). O acúmulo de fotoassimilados nas folhas, é ocasionado quando a fonte excede a capacidade dreno, deste modo, atuando na regulação da taxa fotossintética foliar (SAWADA *et al.*, 1999; KASAI, 2008, 2011; KASAI; KOIDE; ICHIKAUWA, 2012). De acordo com Kasai (2008), a hipótese de haver inibição da fotossíntese através do acúmulo de sacarose em folhas, apresenta mecanismos pouco compreendidos.

A produção vegetal tem sua eficiência associada a vários fatores, entre eles, a translocação dos fotoassimilados através do suprimento de carboidratos pelo transporte efetivo do sistema vascular, da fonte para o dreno, referido como transporte à longa distância pelo floema e a curta distância por simplasto (plasmodesmas abertos) e apoplasto (TAIZ; ZEIGER, 2004). O carbono fixado é alocado em vias metabólicas, para armazenamento e transporte ou particionado, distribuído nos tecidos-drenos (SONNEWALD *et al.*, 1991).

O carregamento e descarregamento do floema é governado pela sua direção e intensidade, que por sua vez controla o fluxo de sacarose. A rota simplástica em algumas etapas é importante, porém, o transporte de açúcares através da membrana plasmática exerce controle predominante na maioria dos processos de carregamento de sacarose do mesofilo e descarregamento em órgãos-dreno (FROMMER; SONNERWALD, 1995).

O movimento das rotas fonte-dreno em algumas espécies como a soja possuem especificações, como a proximidade entre fonte e dreno e a existência de conexões vasculares diretas (TAIZ; ZEIGER, 2004; FLOSS, 2008). Outro fator seria o período de desenvolvimento da cultura, onde os principais drenos são alterados, deixando de serem dominantes no período vegetativo na região dos ápices de caules e raízes passando para o período reprodutivo, flores, vagens e grãos para então serem órgãos prioritários durante o estágio reprodutivo, direcionando maior suprimento para a formação das sementes (TAIZ; ZEIGER, 2004; FLOSS, 2008).

Plantas de soja em condições de cultivo sem restrições ambientais demonstram que o suprimento de fotoassimilados durante o florescimento e o desenvolvimento inicial de vagens é de extrema importância para a fixação de vagens (LIU; JENSEN; ANDERSEN, 2004b). Estudos sugerem que o abortamento das flores da soja é ocasionado, principalmente, pela deficiência ou competição por fotoassimilados entre órgãos da cultura (BRUN; BETTS, 1984). A baixa disponibilidade de fotoassimilados em folhas, juntamente com a diminuição da capacidade de utilização de sacarose por vagens em desenvolvimento, resulta em decréscimo no fluxo de carboidratos das folhas para as vagens (LIU; JENSEN; ANDERSEN, 2004a).

Borrás *et al.*, (2003) relatam ainda, que a determinação do número de grãos ocorre frequentemente em períodos em que o aproveitamento da radiação solar encontra-se mais elevado do que ocorre durante o enchimento de grãos. No caso da soja, a disponibilidade de fotoassimilados é muito maior durante o período em que a força dos drenos são definidas do que durante o enchimento dos grãos. Entretanto, ressalta-se que qualquer alteração, isto é, no aumento ou diminuição na oferta de assimilados, pode refletir no peso final de grãos (EGLI *et al.*, 1985; EGLI *et al.*, 1998; BORRÁS *et al.*, 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos, entre 2014 e 2015.

3.1 EXPERIMENTO 1: ESTUDO DE DOSE-RESPOSTA DE SACAROSE SOBRE A FOTOSSÍNTESE EM FOLHAS DE SOJA

3.1.1 Localização da Área Experimental e Período de Condução

O experimento foi conduzido em casa de vegetação (com controle automático de temperatura) na área Didática e de Pesquisa da Universidade Federal de Santa Catarina - Centro de Curitibanos, localizado na cidade de Curitibanos-SC a 27°17'12.2" Sul e 50°31'96.6" Oeste de Greenwich, apresentando 1010 metros em relação ao nível do mar. O experimento foi instalado no período entre 10 setembro de 2014 e 02 fevereiro de 2015.

3.1.2 Tratamentos e Delineamento Experimental

O experimento foi realizado com o objetivo de avaliar a atividade fotossintética foliar em resposta a doses de sacarose aplicadas no período reprodutivo de plantas de soja, visando estabelecer a dose à ser utilizada nos experimentos subsequentes. O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela aplicação, via foliar, de 0, 15, 30, 45 e 60 μmol de sacarose no estágio R1 de plantas de soja (FEHR; CAVINESS, 1977), caracterizado pelo surgimento de uma flor em qualquer nó da haste principal das plantas. Cada unidade experimental foi composta por um vaso de polietileno com volume de 8 dm^3 preenchido com solo corrigido e adubado, cultivado com uma planta de soja. A cultivar utilizada foi a BMX Ativa RR, adaptada à Região Sul do país, apresentando porte baixo e hábito de crescimento determinado (BRASMAX GENÉTICA, 2015).

3.1.3 Instalação e Condução do Experimento

O solo utilizado no experimento é classificado como Cambissolo háplico de textura argilosa, 550 g kg⁻¹ de argila, (EMBRAPA, 2006). Foram definidas as características físico-químicas do solo, determinadas as necessidades de calagem e adubação (Tabela 1). Antes da semeadura, o solo foi corrigido com 0,9 g/dm³ de calcário e adubado com 0,5 g/dm³ de adubo formulado 03-30-15.

Tabela 1. Atributos químicos de solo (Mehlich 1) utilizado em vasos, coletados na camada de 0-20cm de profundidade, antes da instalação do experimento. Curitiba (SC), 2014.

| pH | Ca | Mg | Al | H+Al | K | SB | Sat.Al | V | SMP | MO | P | Cu | Fe | Zn | Mn |
|-----|------------------------|------|------|-------|------|------|--------|-------|-------------------|-------|--------------------|------|-------|------|-------|
| ... | cmolc/ dm ³ | | | | % | | | | g/dm ³ | | mg/dm ³ | | | | |
| 4,1 | 3,26 | 2,14 | 2,26 | 28,64 | 0,23 | 5,63 | 15,77 | 26,31 | 4,7 | 69,69 | 3,84 | 2,56 | 101,9 | 1,77 | 39,56 |

As sementes foram tratadas com uma mistura comercial de inseticida e fungicida STANDAK TOP® (Piraclostrobina, Metil Tiofanato e Fipronil) 0,2 L p.c. 100 kg⁻¹ de sementes e inoculadas com bactéria do gênero *Bradyrhizobium*, para fornecimento de nitrogênio através da fixação biológica durante o desenvolvimento da cultura.

Em cada vaso foram semeadas três sementes, a uma profundidade de 3 cm, de modo que após a emergência e desenvolvimento das folhas cotiledonares foi realizado o desbaste, mantendo-se uma planta por vaso. Após o desbaste, o solo foi recoberto com uma camada de palha, para limitar o crescimento de plantas invasoras e promover a redução da evaporação de água do solo. Para evitar o efeito de competição entre ramos primários e secundários nas plantas, foram removidos os primórdios de ramificação secundária, a fim de proporcionar o desenvolvimento de plantas compostas apenas pela haste principal. Todas as plantas foram conduzidas sob as mesmas condições de cultivo, até o estágio R1 do desenvolvimento quando se procedeu a diferenciação dos tratamentos.

A solução de sacarose foi preparada em água destilada, juntamente com um agente espalhante adesivo não iônico, o óleo mineral do grupo dos hidrocarbonetos alifáticos (Nimbus®). A solução foi aplicada via foliar, com auxílio de um borrifador, a fim de proporcionar uma superfície uniforme de aplicação em todas as folhas em um volume suficiente para cobertura total evitando-se escoamento superficial. A aplicação foi realizada no dia 24 de novembro de 2014 às 06:00 horas da manhã, com temperaturas amenas e alta umidade relativa do ar.

3.1.4 Avaliações

3.1.4.1 Trocas Gasosas

As medidas de trocas gasosas foram realizadas em intervalos de três horas, das 6:00 às 18:00, durante o dia da aplicação dos tratamentos. As avaliações foram determinadas no folíolo central da terceira folha completamente expandida a partir do ápice da planta. Em cada unidade experimental, os folíolos selecionados foram marcados com linhas de algodão coloridas, para padronização das medidas no período. Foi utilizado o medidor portátil de fotossíntese (IRGA) de sistema aberto, Licor, equipado com fonte de luz modelo LI-6400-02B, o aparelho foi programado para realizar medidas com DFFA de $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Em cada leitura foram determinados os valores de assimilação líquida de carbono (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (g_s) concentração de CO_2 nos espaços intercelulares (C_i) e a relação (C_i/C_a).

3.1.4.2 Componentes da Produção e Produtividade

Ao final do ciclo da cultura, foram determinados os componentes da produção e a produção de grãos por planta. As plantas foram divididas em terço inferior, médio e superior para avaliação do número de vagens, número de grãos, massa de cem grãos e massa de grãos por planta ajustada para 13% de umidade.

3.1.5 Análises dos Dados

Os fatores de estudos considerados foram, a aplicação de sacarose e o horário de avaliação (para as medidas de trocas gasosas). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e quando detectados variações significativas, as médias foram comparadas pelo teste t de Student ($p < 0,05$) e analisados por meio de regressão polinomial.

3.2 EXPERIMENTO 2: SUPRIMENTO EXÓGENO DE SACAROSE EM FOLHAS E FLORES DE SOJA

3.2.1 Localização da Área Experimental e Período de Condução

O experimento foi implantado à campo, em canteiros na área da fazenda experimental da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Curitibanos (SC), localizada na cidade de Curitibanos-SC, situada a uma latitude 27°16'26.55" Sul e a uma longitude de 50°30'14.41" Oeste, estando a uma altitude média de 1000 metros. Os experimentos foram conduzidos no período de 29 de novembro de 2014 a 09 de abril de 2015.

O solo utilizado no experimento em canteiros é classificado como Cambissolo háplico de textura argilosa (EMBRAPA, 2006). Antes da implantação foram determinadas as características físico-químicas do solo, para análise e realização de calagem e adubação. Deste modo, o solo da área foi corrigido de acordo com a recomendação (Tabela 2), com 3 toneladas de calcário/ha equivalendo a 3,5 Kg de calcário dolomítico (PRNT=96%) por canteiro, adubada com 350 kg ha⁻¹ do formulado NPK, 00-20-20.

Tabela 2. Atributos químicos de solo (Mehlich 1) em canteiros, coletados na camada de 0-20cm de profundidade, antes da instalação do experimento. Curitibanos (SC), 2014.

| pH | Ca | Mg | Al | H+Al | K | SB | Sat.Al | V | SMP | MO | P | Cu | Fe | Zn | Mn |
|-----|-------|------|------------------------|------|-----|------|--------|-------|-----|-------------------|----|-----|--------------------|-----|-----|
| ... | | | cmolc/ dm ³ | | | | % | | | g/dm ³ | | | mg/dm ³ | | |
| 6 | 11,32 | 4,37 | 0,00 | 2,00 | 0,3 | 16,0 | 0.00 | 88,88 | 6,7 | 17 | 10 | 5,7 | 37,1 | 4,5 | 9,1 |

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, denomina-se Cfb, mesotérmico úmido com inverno chuvoso e verão ameno, temperatura média entre 15°C e 25°C, com uma precipitação média anual de 1500 mm. Os valores médios de temperatura e precipitação pluviométrica para o período de condução do experimento são apresentados na Figura 1.

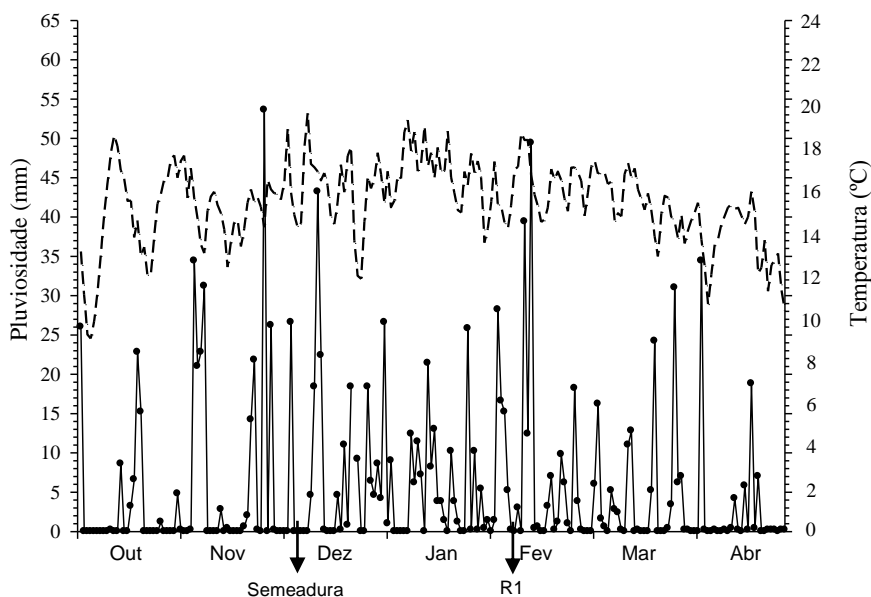


Figura 1. Pluviosidade (mm) e temperatura (°C), durante o período de condução do experimento. Semeadura realizada 20 de novembro e aplicação de sacarose no estágio R1, no dia 30 de janeiro. O acumulado de chuva no período de cultivo foi de 904 mm. Curitiba, 2014/2015.

3.2.2 Tratamentos e Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos pela aplicação de sacarose via foliar e aplicação direcionada às flores, com as doses de 15 e 60 μmol de sacarose determinadas no experimento 1. Além de uma testemunha sem aplicação. A aplicação dos tratamentos foi efetuada no estágio R1 do desenvolvimento da cultura (FEHR; CAVINESS, 1977).

Cada unidade experimental foi composta por cinco linhas de cultivo, espaçadas entre si em 0,40 m e com um metro de comprimento, sendo as três linhas centrais consideradas como parcela útil. A cultivar de soja utilizada foi a BMX Ativa RR (BRASMAX GENÉTICA, 2015).

3.2.3 Instalação e Condução do Experimento

A dessecação da área foi realizada dez dias antes da sementeira por meio da aplicação de Glifosato (Roundup WG®) na dose de 4,0 kg ha⁻¹ (p.c.). A sementeira foi realizada na segunda quinzena de novembro de forma manual, em uma profundidade de três centímetros. Foram semeadas, vinte sementes por metro,

ajustando-se a densidade para quinze plantas por metro após a emergência, por meio de desbaste. As sementes foram tratadas com inseticida e fungicida STANDAK TOP® (Piraclostrobina, Metil Tiofanato e Fipronil) 0,2 L p.c. 100 kg⁻¹ de sementes, inoculadas com bactéria do gênero *Bradyrhizobium*, para fornecimento de nitrogênio através da fixação biológica.

Após o desbaste o solo foi recoberto com uma camada de palha, (restos culturais da cultura de trigo), para limitar o crescimento de plantas invasoras e promover a redução da evaporação de água do solo. Durante a condução deste experimentos não foram removidas as ramificação secundária em plantas de soja, sendo realizada somente no experimento em casa de vegetação.

O controle de plantas daninhas durante o ciclo da cultura foi realizado através da capina manual. Para o manejo de pragas e doenças, foi realizado aplicações de inseticida sistêmico Connect® (Bayer) do grupo químico (Neonicotinóide e Piretróide) para a dose de (0,4 L/ha de p. c.) para o controle de Vaquinha (*Diabrotica speciosa*), O controle de doenças como o Oídio (*Microsphaera diffusa*) e Ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), foi realizado com aplicações de fungicidas, sendo a primeira aplicação no estágio V7 e a segunda aplicação em R1, com Piori Xtra® (0,3 L/ha de p. c.), fungicida sistêmico do grupo químico (Azoxistrobina + Ciproconazol), e a terceira aplicação em R3 com Fox® (0,3 L/ha p.c.) fungicida mesostêmico e sistêmico (Trifloxistrobina + Protiocanazol).

Todas as plantas foram conduzidas sob as mesmas condições de cultivo, até o estágio R1 do desenvolvimento, quando os tratamentos se diferiram. A solução de sacarose foi aplicada com auxílio de um borrifador, a fim de proporcionar uma superfície uniforme de aplicação em todas as folhas em um volume suficiente para cobertura total evitando-se escorrimento superficial. A aplicação foi realizada nas primeiras horas da manhã no dia 30 janeiro de 2015, com temperaturas amenas e alta umidade relativa do ar assim como no experimento teste.

3.2.4 Avaliações

3.2.4.1 Trocas Gasosas

Após a aplicação das soluções foram realizadas as medidas das trocas gasosas, seguindo os mesmos parâmetros empregados ao experimento teste. As

medidas também foram obtidas em um intervalo de três horas, no entanto, durante o horário das 09:00 às 15:00.

3.2.4.2 Componentes da Produção e Produtividade

Ao final do ciclo da cultura, foram determinados os componentes da produção e a produção de grãos por planta. Foram coletadas quinze plantas aleatórias, sendo, cinco plantas de cada uma das três linhas centrais, as plantas foram divididas em terço inferior, médio e superior onde se determinou o número de vagens, número de grãos e a massa de mil grãos ajustada para 13% de umidade.

3.2.5 Análises dos Dados

Os fatores de estudos considerados foram a aplicação de sacarose e o horário de avaliação (para as medidas de trocas gasosas). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e quando detectados variações significativas, as médias foram comparadas pelo teste t de Student ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EXPERIMENTO 1: ESTUDO DE DOSE-RESPOSTA DE SACAROSE SOBRE A FOTOSSÍNTESE EM FOLHAS DE SOJA

4.1.1 Trocas Gasosas

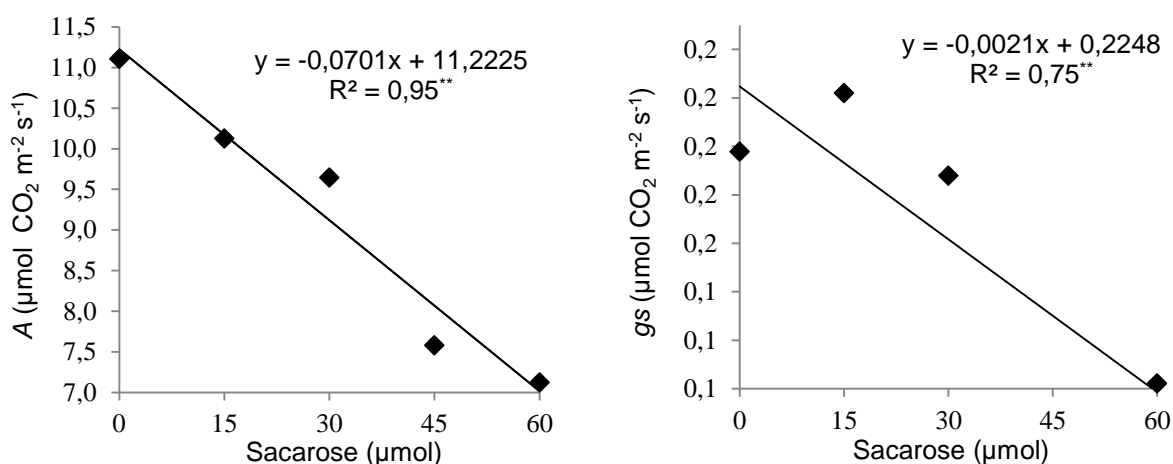
Todos os parâmetros de trocas gasosas foram influenciados pela aplicação de sacarose e pelo horário de avaliação, contudo, sem haver interação entre os dois fatores (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as trocas gasosas, (valores de F) de plantas de soja, tratadas com sacarose. Curitiba (SC), 2015.

| FV | A | gs | E | Ci | Ci/Ca |
|----------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| Bloco | 0,50 ^{ns} | 0,27 ^{ns} | 0,96 ^{ns} | 1,39 ^{ns} | 1,74 ^{ns} |
| Horário (H) | 12,65 ^{**} | 35,58 ^{**} | 6,90 ^{**} | 34,24 ^{**} | 24,32 ^{**} |
| Tratamento (T) | 4,38 ^{**} | 10,94 ^{**} | 9,90 ^{**} | 9,92 ^{**} | 10,71 ^{**} |
| H * T | 0,42 ^{ns} | 0,76 ^{ns} | 0,64 ^{ns} | 0,37 ^{ns} | 0,38 ^{ns} |
| Média | 35,71 | 43,06 | 2,60 | 238,51 | 0,63 |
| CV (%) | 9,12 | 0,17 | 40,75 | 14,65 | 14,81 |

* e **: significativo pelo teste t à 5 e 1%, respectivamente; FV: fonte de variação; (CV) coeficiente de variação para parcela; (A) Assimilação de carbono; Condutância estomática (gs); Transpiração (E); Concentração interna de CO₂ na folha (Ci); Relação Ci/Ca (intra/extracelular).

A redução dos parâmetros das trocas gasosas podem ser observados na Figura 2, sendo estes, decorrentes do aumento da concentração das doses aplicadas.



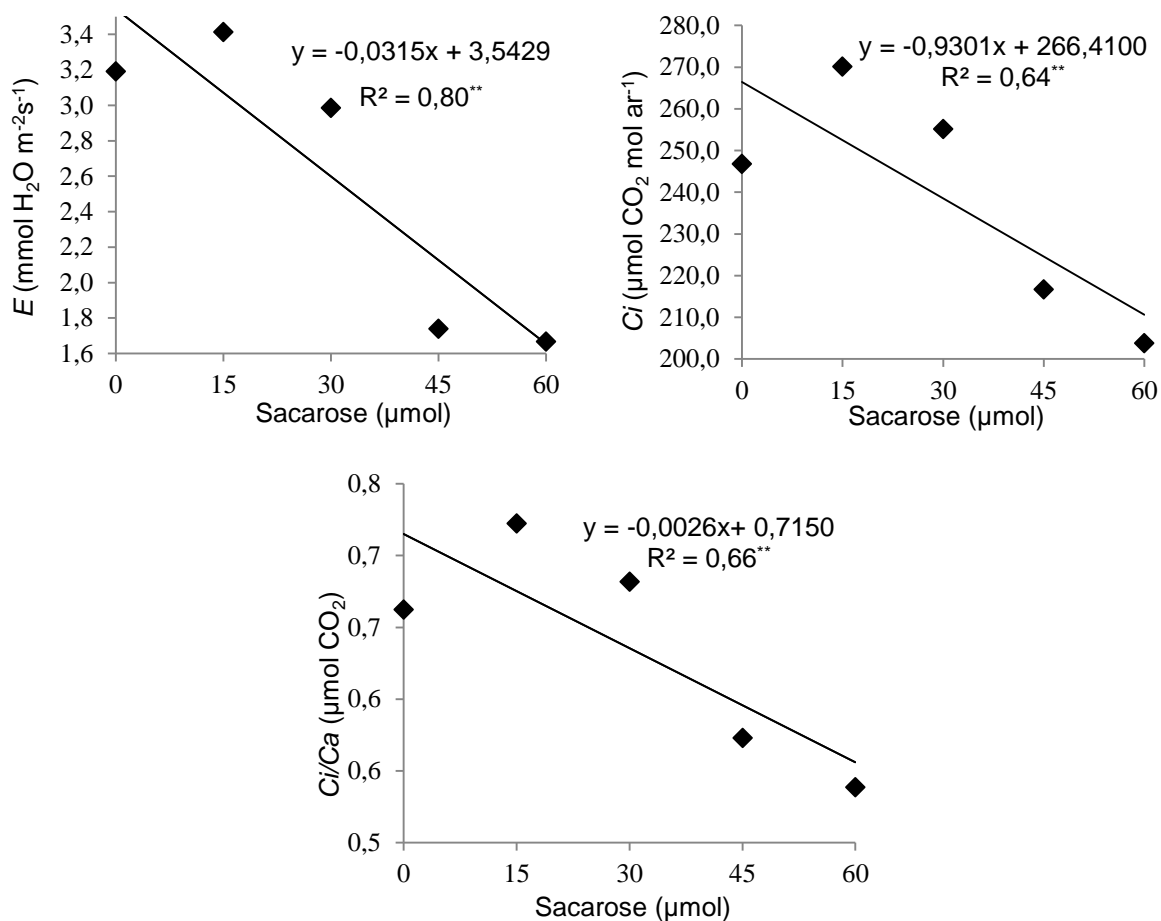


Figura 2. Assimilação de carbono (A), Condutância estomática (g_s), Transpiração (E), Concentração interna de CO_2 na folha (C_i) e Relação C_i/C_a (intra/extracelular) em função da aplicação via foliar de diferentes doses (0; 15; 30; 45 e 60 μmol) de sacarose no estágio (R1) de plantas de soja, variáveis controladas em um intervalo de 12 horas após a aplicação. Curitiba-SC, 2015. ** significativo à 1% de probabilidade.

Ao elevar a concentração de sacarose aplicada em folhas (fontes), as plantas de soja apresentaram redução da assimilação líquida de carbono (A), valores de condutância estomática (g_s), taxas de transpiração (E), concentração interna de carbono (C_i) e relação C_i/C_a (Tabela 4). Este resultado pode ter ocorrido em resposta ao acúmulo de carboidratos no tecido fonte, que pode ter proporcionado efeitos inibitórios sobre a atividade fotossintética. A redução na atividade fotossintética ocorreu possivelmente como um reflexo do fechamento estomático, o qual é observado através da redução da g_s e C_i .

Tabela 4. Comparação de médias referente a assimilação de carbono (*A*), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), concentração interna de CO₂ na folha (*Ci*) e relação *Ci/Ca* (intra/extracelular) em função das diferentes doses de sacarose aplicadas durante o estágio R1.Curitiba (SC), 2015.

| Tratamento | <i>A</i> | <i>gs</i> | <i>E</i> | <i>Ci</i> | <i>Ci/Ca</i> |
|------------|----------|-----------|----------|-----------|--------------|
| 0 µmol | 11,11 a | 0,20 a | 3,19 a | 246,80 a | 0,66 a |
| 15 µmol | 10,13 a | 0,22 a | 3,41 a | 270,14 a | 0,72 a |
| 30 µmol | 9,64 b | 0,19 a | 2,98 a | 255,13 a | 0,68 a |
| 45 µmol | 7,58 b | 0,10 b | 1,73 b | 216,67 b | 0,57 b |
| 60 µmol | 7,12 c | 0,10 b | 1,67 b | 203,79 b | 0,54 b |
| DMS | 2,30 | 0,05 | 0,75 | 24,73 | 0,07 |

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t ($p < 0,05$). DMS: diferença mínima significativa.

Altas concentrações de sacarose no tecido vascular, decorrentes da diminuição da demanda pela síntese de açúcar, regulada pela atividade do transportador, podem proporcionar diminuição no carregamento do floema e aumento dos níveis de açúcar nas células do mesofilo, e por sua vez, exercer efeitos sobre a regulação da atividade fotossintética (LEMOINE *et al.*, 2003). A autoinibição da síntese de sacarose (HURRY *et al.*, 1995), proporciona o efeito de “feedback” negativo sobre a fotossíntese, ocasionada pelos fatores que favorecem o acúmulo de amido e açúcares solúveis na folha, os quais, conseqüentemente, reduzem significativamente a quantidade total de sacarose exportada (CASAROLI *et al.*, 2007).

A elevada concentração de hexose pode ser responsável pela regulação por “feedback” da fotossíntese assim determinado por (CHAVES *et al.*, 2002; LALONDE *et al.*, 2003; ROLLAND; GONZALEZ, SHEEN, 2006; MCCORMICK; WATT; CRAMER, 2009), decorrente das taxas de transporte de componentes fotossintéticos da fonte para o dreno, apresentando menor taxa de assimilação de líquida de carbono. Liu *et al.*, (2011) demonstram que a redução na síntese de açúcares solúveis totais está associada às grandes percentagens de abscisão de estruturas reprodutivas na cultura da soja, quando relacionados ao suprimento de carboidratos.

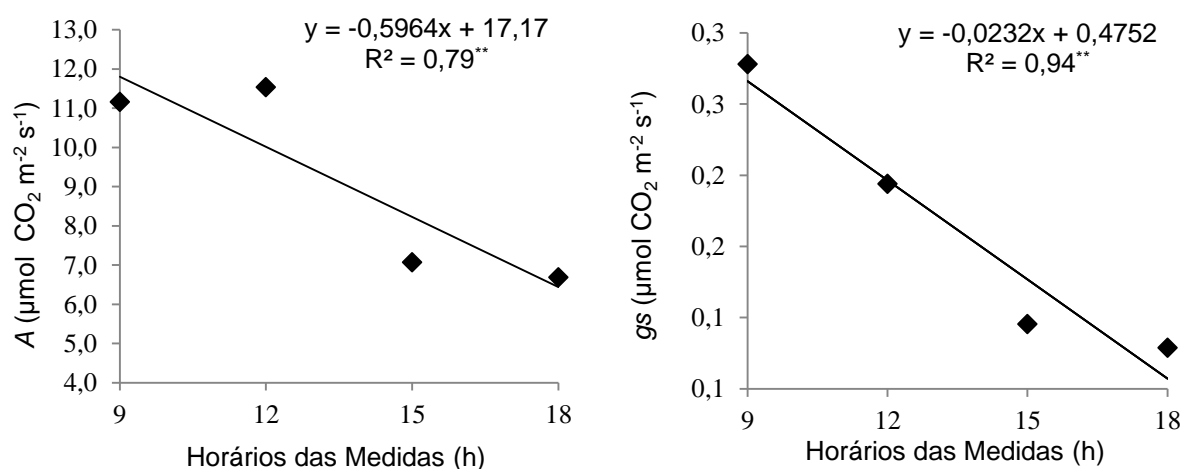
O envolvimento de vários sistemas de sinalização por açúcares tem sido descoberto em algumas espécies de plantas (ROLLAND; MOORE; SHEEN, 2002; PAUL; PELLNY, 2003; PAUL, 2007). O “feedback” é regulado pelas enzimas (*sacarose sintase*, *vacúolo invertase*, *citosol invertase*) (KOCH, 2004). Estas enzimas envolvidas no metabolismo e transporte de açúcar estabelecem um

gradiente de concentração de açúcares nos tecidos (WESCHKE *et al.*, 2000, 2003). No entanto, observa-se maior complexidade com o transporte de açúcares e produtos intermediários dentro e fora de plastídios e vacúolos (WEBER; SCHWACKE; FLUGGE, 2005).

A fotossíntese, metabolismo de carbono e alocação, estão sujeitos a rigorosa regulação por “feedback” influenciadas principalmente pela sinalização por açúcares. Em geral, a atividade dos tecidos que realizam fotossíntese, mobilização nutrientes e exportação, são reguladas sob condições de baixa concentração de açúcares, enquanto os processos de crescimento e armazenamento são regulados positivamente quando as fontes de carbono são abundantemente disponíveis. (ROLLAND; MOORE; SHEEN, 2002).

Além dos processos de sinalização, associados ao fechamento estomático, pode-se levantar a hipótese de que o acúmulo de sacarose possa ter provocado um estresse osmótico nas folhas de plantas de soja. Desta forma, o fechamento estomático pode ter ocorrido em resposta à sinalização celular decorrente do acúmulo de solutos, a qual provoca o fechamento estomático em condições de estresse ambiental (TAIZ; ZEIGER, 2013). Este fator, contudo, não foi isolado no presente estudo.

Quando analisado os parâmetros fotossintéticos de acordo com os horários avaliados são observado reduções destes (Figura 3), havendo uma resposta linear, ou seja, quanto maior a dose de sacarose aplicada, menores os valores das trocas gasosas foram obtidos após a aplicação.



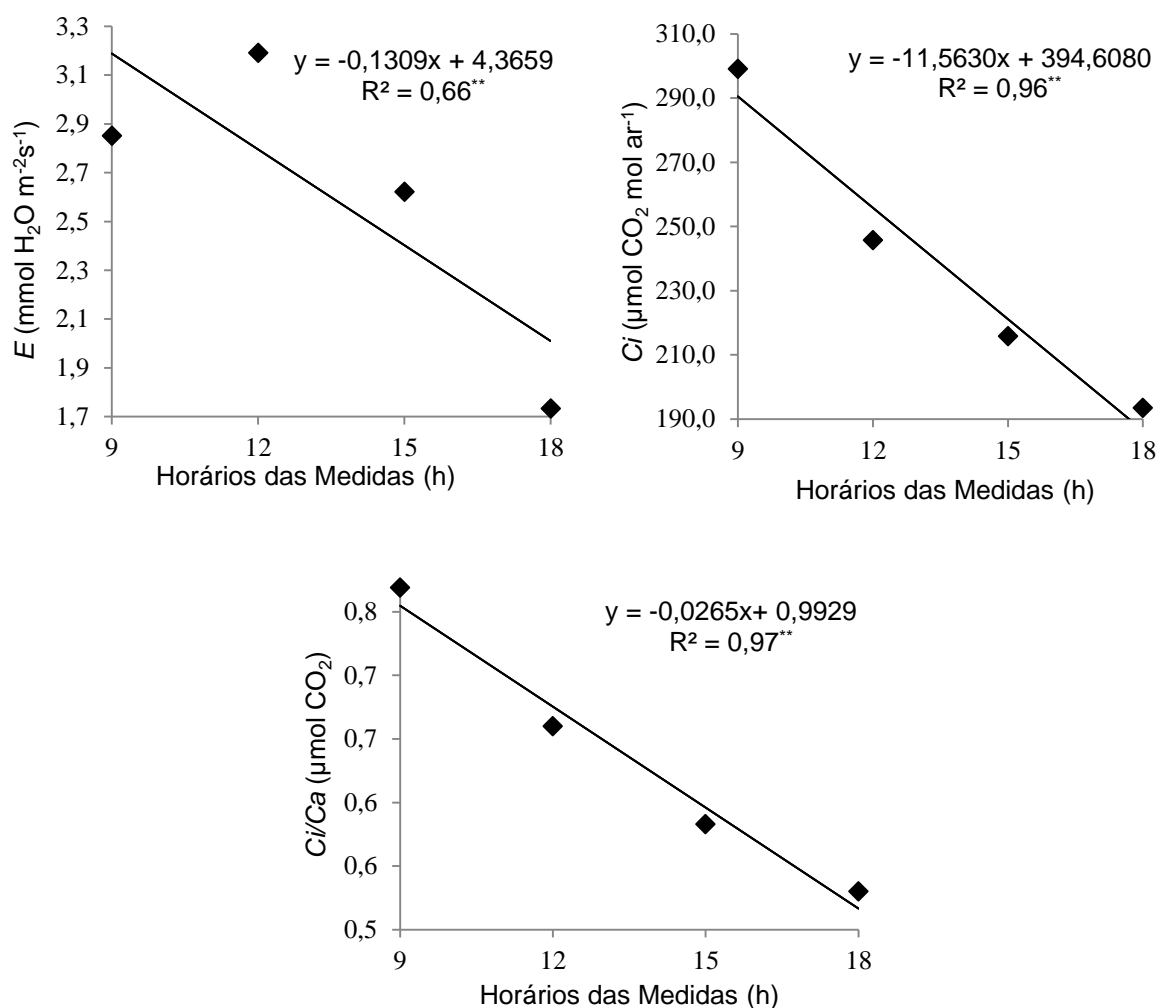


Figura 3. Assimilação de carbono (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E), concentração interna de CO_2 na folha (C_i) e relação C_i/C_a (intra/extracelular) em função da realização das medidas, em intervalos de três horas de acordo com o horário após a aplicação de sacarose no estádio (R1) realizado as 06:00 h em plantas de soja. Curitiba-SC, 2015. ** significativo à 1% de probabilidade.

Verificou-se redução dos parâmetros das trocas gasosas no decorrer da realização das medidas (Tabela 5). Este comportamento já era esperado, pois a maioria das espécies cultivadas apresentam valores ótimos de fotossíntese entre nove e meio dia, sendo também observado em outras espécies leguminosas como feijão e feijão-caupi (OLIVEIRA *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2010). Durante o dia, à medida que a irradiância aumenta, eleva-se a densidade do fluxo fotônico (DFF), havendo picos de assimilação líquida até a saturação luminosa, no caso de plantas C3, obtendo como resposta, a estabilização da atividade fotossintética, apresentando saturação com aproximadamente um terço da radiação solar incidente (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Tabela 5. Comparação de médias referente a assimilação de carbono (*A*), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), concentração interna de CO₂ na folha (*Ci*) e relação *Ci/Ca* (intra/extracelular) em função do horário de realização das medidas de trocas gasosas após a aplicação de sacarose no estádio (R1) de plantas de soja. Curitiba-SC, 2015.

| Horário | <i>A</i> | <i>gs</i> | <i>E</i> | <i>Ci</i> | <i>Ci/Ca</i> |
|---------|----------|-----------|----------|-----------|--------------|
| 09:00 | 11,17 a | 0,28 a | 2,85 a | 299,07 a | 0,77 a |
| 12:00 | 11,54 a | 0,19 b | 3,19 a | 245,75 b | 0,66 b |
| 15:00 | 7,07 b | 0,10 c | 2,62 a | 215,77 c | 0,58 c |
| 18:00 | 6,69 b | 0,08 c | 1,73 b | 193,43 d | 0,53 c |
| DMS | 2,06 | 0,04 | 0,67 | 22,12 | 0,06 |

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t ($p < 0,05$). DMS: diferença mínima significativa.

A redução das variáveis, também pode estar associada ao transporte de carboidratos dentro da planta. Sabe-se que os produtos sintetizados durante os processos fotossintéticos, são carregados da fonte e descarregados no dreno via floema, este processo pode ocorrer por via simplástica e/ou via apoplástica, (LAMBERS *et al.*, 2008). Ao avaliar o período reprodutivo, o embrião é isolado do tecido materno, desta forma os assimilados são transportados via apoplástica antes de entrar na semente em desenvolvimento (GIFFORD; THORNE, 1984). Entretanto, os açúcares necessitam atravessar ao menos duas membranas, as quais, apresentam proteínas carreadoras específicas (OVERVOORDE *et al.*, 1996). Neste caso o potencial de membrana é atribuído ao carregamento da rota apoplástica, através da Bomba de H⁺ ATPase, podendo está ser um dos fatores que define o balanço de sacarose entre a fonte e o dreno, e a regulação de matéria seca produzida em relação aos fotoassimilados gerados (KASAI; TAKAHASHI, 2013).

As flores são tecidos pouco vascularizados (MONDAL *et al.*, 2011) principalmente aquelas com tendência ao abortamento (flores distais). Deste modo, o transporte de açúcares depende do transporte célula-célula, sendo realizado de forma mais lenta, este é um aspecto importante em relação ao efeito sobre os horários em que as medidas foram realizadas, devido a redução da atividade fotossintética ter ocorrido de forma gradativa após a aplicação, em resposta à regulação pela concentração de açúcares na fonte.

Os metabólitos gerados durante a atividade fotossintética são exportados de fontes para drenos, segundo Sedyama *et al.*, (1985), após 20 minutos do processo fotossintético, observando-se ampla gama de compostos diferentes além da sacarose. Desta maneira, mesmo havendo uma estimativa de tempo para os açúcares serem transportados, observou-se que a aplicação de sacarose reduziu as

taxas de assimilação líquida de carbono, controladas em um intervalo de 12 h após aplicação.

Menores taxas de exportação da fonte via floema determinam acúmulo de carboidratos no mesofilo, incluindo aumentos de curto prazo na acumulação de amido e armazenamento de sacarose no vacúolo, seguido por mudanças mediadas por hexoses e a expressão de genes fotossintéticos, levando a taxas mais baixas da fotossíntese (SHEEN, 1990; KRAPP; STITT, 1995; SMITH; STITT, 2007).

O particionamento de açúcares em tecidos, células e compartimentos subcelulares, determinam um ponto de controle nas vias de transporte (RAE *et al.*, 2005). Em contraste, a utilização acelerada de assimilados pelos tecidos e órgãos de interesse (ou seja, o aumento da demanda pelos drenos, neste caso pelas flores e vagens), deveriam refletir no aumento da taxa de descarga do floema, assim reduzindo o turgor do floema, aumentando o fluxo de massa devido a maior pressão hidrostática, decorrente da diferença de concentração gerada entre a fonte e o dissipador (floema). Ao elevar as taxas de fluxo através do floema, a folha seria estimulada ao carregamento pelo floema, resultando em menor acúmulo de carboidratos no mesofilo, o que poderia estimular a atividade fotossintética (assumindo-se neste caso não haver outras medidas de limitações da taxa) (AINSWORTH; BUSH, 2011).

Sabendo-se disso, os processos de inibição da fotossíntese podem ser baseados na lei de conservação das massas, a qual, ao atuar em sistema fechado a produção na fonte deve ser regulada pelo consumo de intermediários nos drenos para prevenir a falta ou o acúmulo de metabólitos (HOFMEYR, 1998; HOFMEYR; CORNISH-BOWDEN, 2000).

Alterações na atividade dos drenos podem promover ajustes nas taxas de carregamento pelo floema (LALONDE *et al.*, 2003) e isto, pode promover mudanças no pool de sacarose na folha, induzindo a sinalização por “feedback” que irão inibir as taxas fotossintéticas (MCCORMICK *et al.*, 2009).

Acredita-se que pelos resultados obtidos, houve acúmulo de sacarose na folha provocando a inibição da fotossíntese, através de um efeito “feedback”. Deste modo, pode haver duas hipóteses como fatores limitantes para fixação das flores, a primeira seria a capacidade de translocação de solutos, devido ao acúmulo de sacarose no mesofilo (considerando que flores são órgãos pouco vascularizados). E

a segundo hipótese seria em relação a eficiência da capacidade de uso dos assimilados pelos drenos (flores).

Em consonância com o presente trabalho, experimentos utilizando-se plantas de cana-de-açúcar que apresentam mecanismo C4, tratadas com doses de sacarose, resultaram em diminuição de todos os parâmetros vinculados as trocas gasosas, analisadas ao longo de cinco dias após aplicação. Houve redução da fotossíntese líquida, sendo significativamente mais baixa do que o controle, tanto quanto a condução estomática de plantas (LOBO, 2012). O mesmo autor verificou, que a aplicação de sacarose exógena ocasionou mudanças no metabolismo de açúcares, devido promover forte redução na assimilação de CO₂, nos parâmetros da atividade do fotossistema II, na velocidade máxima de carboxilação da PEPcase (V_{max}), além de determinar forte inibição na atividade da Rubisco.

A sacarose e hexoses podem estar diretamente envolvidas na modulação taxas fotossintéticas em plantas C3, por mecanismos de sinalização promovidos pelo transporte de açúcar nas folhas (ROLLAND; MOORE; SHEEN, 2002; GIBSON, 2005; FRANCK *et al*, 2006), assim como, observado na cultura da cana-de-açúcar, que apresentam mecanismo C4 (CHIOU; BUSH, 1998).

A definição das doses para o experimento subsequente foram de acordo com os resultados obtidos, de modo, que a menor dose, 15 μ mol, não proporcionou redução sobre os parâmetros fotossintéticos avaliados, sendo que a dose de 60 μ mol proporcionou redução em todos os parâmetros avaliados.

4.1.2 Componentes de Produção e Produtividade

Os componentes de produção de plantas de soja não foram alterados pela aplicação de sacarose no estágio R1 (Tabela 6). Este resultado indica que a inibição da atividade fotossintética em plantas foi em um intervalo de tempo curto, sem afetar a disponibilidade de assimilados para as flores em desenvolvimento. Neste sentido, se houver maior tempo de exposição das plantas à aplicação da sacarose, poderá ser possível que esta, promova um resultado diferente do que foi obtido.

Tabela 6. Resumo da análise de variância referente aos componentes de produção de plantas de soja (BMX Ativa) em função da aplicação de sacarose no estágio R1 em casa de vegetação, as plantas foram divididas em terço inferior, médio e superior para análise. Curitiba (SC), 2015.

| FV | INFU | INFDO | INFTR | INFCH | INFT | INFVV | INF%V |
|------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Bloco | 3,35** | 1,61 ^{ns} | 1,42 ^{ns} | 3,15* | 2,74** | 1,15 ^{ns} | 3,01** |
| Tratamento | 4,52* | 24,17 ^{ns} | 0,90 ^{ns} | 1,33 ^{ns} | 0,77 ^{ns} | 0,92 ^{ns} | 74,37 ^{ns} |
| Média | 1,25 | 8,7 | 12,45 | 2,6 | 0,57 | 22,45 | 85,29 |
| CV (%) | 66,53 | 61,84 | 49,04 | 143,14 | 37,63 | 43,41 | 25,01 |
| FV | MEDU | MEDDO | MEDTR | MEDCH | MEDT | MEDVV | MED%V |
| Bloco | 1,15 ^{ns} | 1,41 ^{ns} | 1,40 ^{ns} | 1,11 ^{ns} | 1,46 ^{ns} | 2,40 ^{ns} | 2,30 ^{ns} |
| Tratamento | 1,90 ^{ns} | 1,50 ^{ns} | 1,32 ^{ns} | 1,40 ^{ns} | 2,10 ^{ns} | 1,79 ^{ns} | 1,05 ^{ns} |
| Média | 0,75 | 8,7 | 5,45 | 0,85 | 10,95 | 10,1 | 91,29 |
| CV (%) | 123,53 | 58,14 | 65,15 | 159,66 | 43,95 | 45,52 | 14,29 |
| FV | SUPU | SUPDO | SUPTR | SUPCH | SUPT | SUPVV | SUP%V |
| Bloco | 2,14** | 1,93 ^{ns} | 0,30 ^{ns} | 3,18 ^{ns} | 0,33 ^{ns} | 0,46 ^{ns} | 2,45 ^{ns} |
| Tratamento | 1,28 ^{ns} | 0,41 ^{ns} | 0,76 ^{ns} | 0,66 ^{ns} | 0,37 ^{ns} | 0,44 ^{ns} | 1,18 ^{ns} |
| Média | 0,9 | 2,5 | 9,95 | 1,05 | 10,45 | 9,4 | 87,29 |
| CV (%) | 101,94 | 58,08 | 75,88 | 126,88 | 45,91 | 55,3 | 22,85 |

FV: fonte de variação; CV: Coeficiente de variação; ^{ns} não significativo; * e ** significativo p<0,05 e p<0,01, pelo teste t. INFU: Número de vagens no terço inferior com um grão; INFDO: Número de vagens no terço inferior com dois grãos; INFTR: Número de vagens no terço inferior com três grãos; INFCH: Número de vagens chochas no terço inferior; INFT: Número de vagens do terço inferior; INFVV: Número de vagens viáveis no terço inferior; INF%V: Porcentagem de vagens viáveis no terço inferior; As demais siglas iniciadas com MED e SUP, ambas são respectivas ao terço médio e superior das plantas.

De acordo com Fageria *et al.*, (2006) a produtividade da cultura da soja é limitada pela capacidade da fonte sintetizar assimilados no início da fase reprodutiva. No entanto, neste estudo a aplicação exógena de sacarose deveria ter influenciado no aumento da fixação de vagens, devido disponibilizar açúcares no período crítico de fixação de flores, porém mesmo havendo o suprimento exógeno de sacarose não houve aumento do número de vagens, consequentemente a limitação da síntese de carboidratos talvez não seja um fator que atue de forma isolada na abscisão das estruturas reprodutivas.

Brun e Betts (1984) afirmam, que a abscisão reprodutiva ocorre em um momento em que a planta apresenta taxa fotossintética relativamente elevada e taxa de crescimento reprodutivo é relativamente baixo, assim não parecendo estar limitada pelo fornecimento de fotoassimilados. Todavia, modificações na atividade da fonte em soja que possam limitar sua capacidade de síntese durante o florescimento e formação de vagens, geralmente resultam em alterações comprometendo o número final de vagem e grãos (EGLI; BRUENING, 2001).

Durante os primeiros estádios do desenvolvimento reprodutivo da soja, o ovário em formação é suprido por sacarose através do floema (LIU, 2004). Este período é crítico até a fecundação e formação do embrião. Deste modo, através dos resultados obtidos, tem-se como hipótese, que as taxas de abscisão de flores são influenciadas por limitações na vascularização dos drenos (flores), e a capacidade de partição e uso de carboidratos, nos quais, mesmo realizando a oferta de sacarose exógena durante o florescimento da cultura, não houve aumento efetivo para a fixação destas, e consequentemente na elevação dos componentes de produção.

A aplicação de sacarose via foliar para as doses de 15 e 30 μmol (Tabela 7), proporcionaram aumento significativo para o número de vagens somente no terço inferior das plantas. De acordo com Antos e Wiebold (1984) a abscisão de flores é maior no interior do dossel de plantas de soja, devido a irradiância ser menor, assim como, a síntese e suprimento de carboidratos, ocasionando o abortamento de flores, que pode chegar a 100% para alguns nós da parte inferior da planta. Neste caso, o suprimento exógeno pode ter contribuído para maior fixação de flores no terço inferior.

Tabela 7. Comparação de médias para número de vagens no terço inferior com um grão da produção de plantas de soja (BMX Ativa) em função da aplicação de sacarose no período reprodutivo em casa de vegetação. Curitiba (SC), 2015.

| Tratamento | INFU |
|-----------------------------|--------|
| 0 μmol | 0,25 b |
| 15 μmol na Folha | 2,00 a |
| 30 μmol na Folha | 2,25 a |
| 45 μmol na Folha | 0,50 b |
| 60 μmol na Folha | 1,25 b |
| DMS | 1,28 |

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t de Student ($p < 0,05$); INFU: número de vagens no terço inferior com um grão; DMS: diferença mínima significativa.

Mesmo havendo aumento no número de vagens desenvolvidas no terço inferior, devido mecanismos compensatórios da planta, estes, acabaram por não alterar os componentes de produção e a produção de grãos por planta, não sendo afetados de forma significativa pelos tratamentos estudados (Tabela 8). Portanto, as aplicações em diferentes doses de sacarose não auxiliaram na maior fixação de flores e formação de vagens férteis, quando comparados ao número total de vagens por planta e o número total de vagens viáveis por planta. Diversos autores

consideram que a disponibilidade e suprimento de carboidratos neste período, desempenha um papel importante referente a características produtivas da planta, como o número final de flores formadas, o número total de vagens de soja maduras e sementes desenvolvidas (SINCLAIR; WITT, 1976; STREETER; JEFFERS, 1979; ANTOS; WIEBOLD, 1984; DYBING *et al.*, 1986; STOCKMAN; SHIBLES, 1986; DYBING 1994; JIANG; EGLI, 1993; HAYATI; KARAMI 1999; LIU; JENSEN; ANDERSEN, 2004b; EGLI; BRUENING, 2005), características estas, que podem alterar os componentes de produção e produtividade da cultura. Porém, sabe-se que mesmo havendo a disponibilidade de carboidratos e a capacidade de síntese de acordo com a demanda faz-se necessário, para elevar o potencial produtivo, que os fotoassimilados sejam transportados e cheguem aos órgãos de interesse em quantidades que possam garantir a sobrevivência e desenvolvimento embrionário e contribuir para maior número de vagens geradas e produtivas.

Tabela 8. Resumo da análise de variância referente aos componentes de produção e produtividade da soja BMX Ativa em função da aplicação de sacarose no estágio R1 em casa de vegetação. Curitiba (SC), 2015.

| FV | NVP | NVV | %VV | NGINF | NGMED | NGSUP | NGP |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Bloco | 1,13 ^{ns} | 0,37 ^{ns} | 2,24 ^{ns} | 0,97 ^{ns} | 1,90 ^{ns} | 0,44 ^{ns} | 0,04 ^{ns} |
| Tratamento | 0,97 ^{ns} | 1,52 ^{ns} | 1,25 ^{ns} | 0,74 ^{ns} | 1,57 ^{ns} | 0,59 ^{ns} | 1,92 ^{ns} |
| Média | 45,40 | 41,95 | 92,40 | 56,00 | 24,90 | 23,75 | 104,65 |
| CV (%) | 14,50 | 19,96 | 12,28 | 45,05 | 51,61 | 60,89 | 20,51 |

FV: fonte de variação; CV: Coeficiente de variação; ^{ns} não significativo; * e ** significativo p<0,05 e p<0,01, pelo teste F. NVP: Número de vagens por planta; NVV: Número total de vagens viáveis; %VV porcentagem total de vagens viáveis; NGINF: Número de grãos no terço inferior; NGMED: Número de grãos no terço médio; NGSUP: Número de grãos no terço superior; NGP: Número de grãos por planta.

Na Tabela 9, quando verificado o número de grãos por planta e a massa de grãos por planta, houve efeito significativo para as variáveis decorrentes da aplicação de doses de sacarose.

Tabela 9. Resumo da análise de variância referente aos componentes de produção e produtividade de plantas de soja (BMX Ativa) em função da aplicação de sacarose durante o estágio R1 em casa de vegetação. Curitiba (SC), 2015.

| FV | MGP | MCG |
|------------|--------------------|--------------------|
| Bloco | 0,22 ^{ns} | 0,83 ^{ns} |
| Tratamento | 2,69* | 0,97 ^{ns} |
| Média | 17,11 | 19,63 |
| CV (%) | 26,18 | 20,21 |

FV: fonte de variação; CV: Coeficiente de variação; ^{ns} não significativo; * e ** significativo $p < 0,05$ e $p < 0,01$, pelo teste t de Student. MGP: Massa de grãos por planta; MCG: Massa de cem grãos por planta (g).

Ao analisar a massa de grãos (Tabela 10), verificou-se aumento em relação a dose de 15 μmol e redução significativa para a dose 60 μmol comparadas à testemunha. Desta maneira, seria possível que a paralisação no movimento do floema pela aplicação da sacarose tenha limitado o transporte de outros solutos essenciais para o desenvolvimento de grãos. De acordo com Santos (2004) através do floema são transportados substâncias (solutos) como carboidratos, o nitrogênio transportado na forma de aminoácidos e amidas, além de ácidos orgânicos, proteínas, íons e hormônios. Desta forma, a redução da atividade fotossintética e do transporte de carboidratos pode proporcionar limitação na disponibilidade de outros componentes essenciais neste período, podendo estes fatores nutricionais e hormonais também estarem envolvidos na redução da massa de grãos.

Tabela 10. Comparação de médias para número de grãos por planta e massa de grãos por planta, correspondente aos componentes de produção de plantas de soja (BMX Ativa) em função da aplicação de diferentes doses de sacarose durante o estágio R1 em casa de vegetação. Curitiba (SC), 2015.

| Tratamento | MGP |
|--------------------|---------|
| 0 μmol | 23,47 a |
| 15 μmol | 24,06 b |
| 30 μmol | 23,71 a |
| 45 μmol | 16,25 a |
| 60 μmol | 16,07 c |
| DMS | 7,83 |

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t de Student ($p < 0,05$); MGP: Massa de Grãos por Plantas; DMS: diferença mínima significativa.

4.2 EXPERIMENTO 2: SUPRIMENTO EXÓGENO DE SACAROSE EM FOLHAS E FLORES DE PLANTAS DE SOJA CONDUZIDO Á CAMPO

4.2.1 Trocas Gasosas

De acordo com a análise de variância para trocas gasosas de plantas de soja conduzidas em condição de campo tratadas com sacarose (15 e 60 μmol) (via foliar e direcionada as flores) não houve efeito dos tratamentos sobre a assimilação líquida de carbono e transpiração. Os tratamentos influenciaram na g_s e C_i/C_a para os respectivos horários (00:09; 12:00; 15:00 h) e (15:00 h) (Tabela 11).

Tabela 11. Resumo da análise de variância (valores de F) para a taxa de assimilação de carbono (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração interna de CO₂ na folha (C) e relação Ci/Ca (intra/extracelular) após aplicação de diferentes doses de sacarose via foliar e direcionada as flores em plantas de soja (BMX Ativa) durante o estágio R1. Curitiba (SC), 2015.

| Assimilação Líquida de Carbono ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) | | | |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|
| FV | 09:00 | 12:00 | 15:00 |
| Bloco | 15,04** | 1,74 ^{ns} | 4,81** |
| Tratamento (T) | 1,39 ^{ns} | 2,92 ^{ns} | 1,53 ^{ns} |
| Média | 24,38 | 22,5 | 21,52 |
| CV (%) | 5,28 | 8,04 | 8,06 |
| Condutância Estomática ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) | | | |
| FV | 09:00 | 12:00 | 15:00 |
| Bloco | 7,34** | 0,78 ^{ns} | 3,14 ^{ns} |
| Tratamento (T) | 3,67** | 4,44* | 3,72* |
| Média | 0,85 | 0,8 | 0,77 |
| CV (%) | 10,55 | 8,96 | 8,52 |
| Transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) | | | |
| FV | 09:00 | 12:00 | 15:00 |
| Bloco | 9,34** | 6,28** | 1,01 ^{ns} |
| Tratamento (T) | 1,96 ^{ns} | 2,98 ^{ns} | 0,46 ^{ns} |
| Média | 4,22 | 4,61 | 3,72 |
| CV (%) | 6,87 | 5,01 | 10,76 |
| Concentração Interna de CO ₂ ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$) | | | |
| FV | 09:00 | 12:00 | 15:00 |
| Bloco | 4,38* | 2,30 ^{ns} | 1,03 ^{ns} |
| Tratamento (T) | 0,62 ^{ns} | 0,82 ^{ns} | 1,02 ^{ns} |
| Média | 304,38 | 284,43 | 288,22 |
| CV (%) | 2,7 | 2,85 | 1,84 |
| Relação Ci/Ca ($\mu\text{mol CO}_2$) | | | |
| FV | 09:00 | 12:00 | 15:00 |
| Bloco | 19,47** | 2,71 ^{ns} | 3,91* |
| Tratamento (T) | 2,35 ^{ns} | 0,63 ^{ns} | 5,10** |
| Média | 0,83 | 0,83 | 0,83 |
| CV (%) | 1,74 | 2,14 | 0,72 |

FV: fonte de variação; CV: Coeficiente de variação; ^{ns} não significativo; * e ** significativo p<0,05 e p<0,01, pelo teste t de Student. Horários em que as medidas das trocas gasosas foram efetuadas, respectivamente as (09:00; 12:00 e 15:00 horas) no dia 30 de janeiro de 2015, em intervalos de três horas, iniciando-se após a aplicação das doses de sacarose no estágio R1 das plantas de soja.

O transporte de açúcares através do floema pode ser afetado por muitos fatores que alteram a relação fonte/dreno, sendo depende de vários parâmetros, como atividade fotossintética (fixação de carbono), relação entre a síntese de amido

e de sacarose e armazenamento temporário de sacarose no vacúolo (LEMOINE *et al.*, 2013).

A condução do experimento no campo, predispõem as plantas a interagir com o ambiente. De modo, que no campo algumas respostas fisiológicas são diferentes das encontradas em plantas conduzidas em condições controladas. Além da demanda de fotoassimilados durante os estádios vegetativo e reprodutivo, estudos realizados por Kokubun (1988), demonstrou claramente que ao reduzir a radiação solar pode haver diminuição significativa do número de vagens e sementes, e assim como, no rendimento de grãos. De tal maneira, que a síntese e transportes de carboidratos, e outros fatores podem atuar em processos fisiológico, os quais, possam elevar as taxas de abscisão, como fatores genéticos, fatores abióticos como sombreamento e estresse hídrico durante o período de florescimento e possível disponibilidade de fitohormônios (HUFF; DYBING, 1980; HEINDL *et al.*, 1982; CARLSON *et al.*, 1987).

Algumas hipóteses podem ajudar no entendimento dos resultados encontrados em casa de vegetação, os quais não foram reproduzidos no campo. Um dos aspectos pode estar relacionado com a não retirada dos ramos secundários em plantas de soja cultivadas em campo, o que altera as relações fonte e dreno nas plantas. Outro fator seria a influência das condições ambientais, sendo que, na data de aplicação da sacarose no experimento de campo, o dia manteve-se nublado comprometendo expressão da máxima atividade fotossintética das plantas. Este último fator, contudo, pode ter sido amenizado, em parte, pelo fato de o aparelho utilizado nas medidas de trocas gasosas apresentar fonte de luz, o que é observado através dos elevados valores de assimilação nessas plantas (Tabela 11).

A aplicação exógena de sacarose, via foliar, ocasionou redução na condutância estomática, quando comparada a testemunha e a aplicação direcionada às flores. A dose de 60 μmol foi a que proporcionou menor condutância estomática em plantas de soja, evidenciando um possível fechamento dos estômatos (Tabela 12). Este resultado se assemelha com os observados para o primeiro experimento, contudo, este possível fechamento estomático não foi suficiente para afetar os demais parâmetros das trocas gasosas, o que ocorreu apenas no primeiro experimento.

É válido ressaltar que os valores de A , g_s e E em campo (Tabela 11) foram bastante superiores aos observados em casa de vegetação, mesmo em plantas

tratadas com sacarose, o que pode suportar a hipótese de que tenha ocorrido apenas um fechamento parcial dos estômatos no período. Isso explicaria a ausência de resultados para os demais parâmetros. De acordo com a estimativa de tempo para os açúcares serem transportados como citado anteriormente por Sedyama *et al.*, (1985), a aplicação de sacarose não reduziu as taxas de assimilação líquida de carbono, controladas em um intervalo de 9 h após aplicação, diferente do que ocorreu em plantas conduzidas em casa de vegetação, a sacarose neste caso obteve regulação da relação fonte/dreno, não havendo efeito de “feedback” sobre a fotossíntese.

Tabela 12. Comparação de médias referente a condutância estomática (*gs*), em função das doses de sacarose aplicadas, via foliar e via aplicação direcionada as flores, durante o estágio R1 de plantas de soja (BMX Ativa). Curitiba-SC, 2015.

| Condutância Estomática ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) | | | |
|---|--------|--------|--------|
| Tratamento | 09:00 | 12:00 | 15:00 |
| 0 μmol | 0,89 a | 0,84 a | 0,80 a |
| 15 μmol na Folha | 0,73 c | 0,75 b | 0,72 b |
| 60 μmol na Folha | 0,79 b | 0,70 c | 0,69 c |
| 15 μmol na Flor | 0,91 a | 0,87 a | 0,79 a |
| 60 μmol na Flor | 0,94 a | 0,85 a | 0,84 a |
| DMS | 0,14 | 0,11 | 0,10 |

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t de Student ($p < 0,05$). DMS: diferença mínima significativa. Horários em que as medidas das trocas gasosas foram efetuadas, respectivamente as (09:00; 12:00 e 15:00 horas) no dia 30 de janeiro de 2015, em intervalos de três horas, iniciando-se após a aplicação das doses de sacarose no estágio R1 das plantas de soja.

Quando analisadas a relação C_i/C_a (Tabela 13), para ambas as doses, houve redução em relação à testemunha. A dose de 15 μmol aplicada nas flores não diferiu da testemunha. Este comportamento parece estar associado ao fechamento estomático, mesmo que parcial (Tabela 12).

Tabela 13. Comparação de médias referente a relação C_i/C_a ($\mu\text{mol CO}_2$), em função das diferentes doses de sacarose aplicadas, via foliar e via aplicação direcionada as flores, durante o estágio R1 de plantas de soja (BMX Ativa). Curitiba-SC, 2015.

| Relação C_i/C_a ($\mu\text{mol CO}_2$) | |
|--|--------|
| Tratamento | 15:00 |
| 0 μmol | 0,84 a |
| 15 μmol na Folha | 0,83 b |
| 60 μmol na Folha | 0,82 c |
| 15 μmol na Flor | 0,84 a |
| 60 μmol na Flor | 0,83 b |
| DMS | 0,01 |

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t de Student ($p < 0,05$). DMS: diferença mínima significativa. Horários em que as medidas das trocas gasosas foram efetuadas, respectivamente as (09:00; 12:00 e 15:00 horas) no dia 30 de janeiro de 2015, em intervalos de três horas, iniciando-se após a aplicação das doses de sacarose no estádio R1 das plantas de soja.

4.4.2 Componentes de Produção e Produtividade

Os resultados observados para os componentes da produção e para a produtividade da cultura em função dos métodos de aplicação de sacarose não apresentaram efeito significativo para as variáveis analisadas, não havendo incremento no número de vagens férteis ao final do ciclo da cultura da soja (Tabela 14). Através dos estudos realizados, o comportamento produtivo de plantas de soja cultivadas em casa de vegetação e no campo, submetidas aos tratamentos com aplicação exógena de sacarose, estatisticamente não demonstraram aumento na fixação de flores e de produtividade.

O crescimento e desenvolvimento de plantas quando cultivadas em vasos pode ser limitado pela redução do solo a ser explorado, pelo comprimento de raízes e absorção de nutrientes, radiação solar e de forma indireta através da quantidade de água disponível (BAR-TAL; BAR-YOUREL; KAFKAFI, 1993). Deste modo, o mesmo material genético cultivado em ambientes distintos pode apresentar diferença entre os componentes de produção final. Deste modo, pode-se levantar a hipótese de que a realização do experimento de Dose-Resposta deveria ser conduzido primeiramente no campo, para então determinar as doses que realmente podem ocasionar algum efeito sobre as plantas. Devido as plantas cultivadas no campo no presente estudo, serem mais vigorosas e não serem submetidas à retirada das ramificações secundárias, acredita-se que as doses aplicadas podem ter obtido rápida distribuição na planta devido a maior atividade metabólica, assim, não apresentam efeito de doses para este estudo quando comparado ao experimento em casa de vegetação.

Com relação aos parâmetros produtivos de plantas de soja, pode-se considerar também que uma única aplicação de sacarose possa não ser suficiente para garantir maior número de vagens fixadas, mesmo que esta aplicação tenha ocorrido na fase mais crítica. Deste modo, o aumento do número de aplicação durante os estádio reprodutivos da cultura R1, R2 e R3, contemplando respectivamente, o início e pleno florescimento assim como o início da formação das

vagens, possam proporcionar maior respostas em relação ao suprimento e transporte de carboidrato de plantas de soja durante o período reprodutivo.

Tabela 14. Resumo da análise de variância referente aos componentes de produção de plantas de soja (BMX Ativa) em função da aplicação de sacarose no estágio R1 em cultivo à campo, as plantas foram divididas em terço inferior, médio e superior para análise. Curitiba (SC), 2015.

| FV | INFU | INFDO | INFTR | INFCH | INFT | INFVV | INF%V |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Bloco | 1,93 ^{ns} | 2,80 ^{ns} | 6,05 ^{**} | 2,13 ^{ns} | 5,00 [*] | 5,34 ^{ns} | 0,83 ^{ns} |
| Tratamento | 2,25 ^{ns} | 1,36 ^{ns} | 1,29 ^{ns} | 3,94 [*] | 2,55 ^{ns} | 2,28 ^{ns} | 2,34 ^{ns} |
| Média | 5,93 | 13,62 | 10,85 | 2,17 | 32,66 | 30,28 | 0,11 |
| CV (%) | 16,86 | 14,89 | 18,41 | 32,07 | 13,46 | 12,74 | 2,13 |
| FV | MEDU | MEDDO | MEDTR | MEDCH | MEDT | MEDVV | MED%V |
| Bloco | 1,00 ^{ns} | 0,59 ^{ns} | 0,90 ^{ns} | 1,10 ^{ns} | 0,53 ^{ns} | 0,42 ^{ns} | 0,28 ^{ns} |
| Tratamento | 0,85 ^{ns} | 1,30 ^{ns} | 2,62 ^{ns} | 1,38 ^{ns} | 2,73 ^{ns} | 2,70 ^{ns} | 0,61 ^{ns} |
| Média | 1,85 | 4,37 | 4,96 | 0,48 | 11,76 | 11,27 | 96,04 |
| CV (%) | 24,78 | 19,14 | 21,2 | 47,58 | 16,35 | 15,94 | 2,11 |
| FV | SUPU | SUPDO | SUPTR | SUPCH | SUPT | SUPVV | SUP%V |
| Bloco | 0,45 ^{ns} | 0,89 ^{ns} | 1,89 ^{ns} | 0,52 ^{ns} | 2,52 ^{ns} | 2,38 ^{ns} | 0,82 ^{ns} |
| Tratamento | 1,35 ^{ns} | 2,3 ^{ns} | 2,08 ^{ns} | 0,52 ^{ns} | 2,25 ^{ns} | 2,20 ^{ns} | 0,38 ^{ns} |
| Média | 1,85 | 5,4 | 8,49 | 0,17 | 16,07 | 15,91 | 98,97 |
| CV (%) | 24,78 | 27,92 | 22,47 | 88,83 | 14,43 | 14,85 | 0,95 |
| FV | NVP | NVVP | %TVV | NGINF | NGMED | NGSUP | NGP |
| Bloco | 2,09 ^{ns} | 2,21 ^{ns} | 0,56 ^{ns} | 6,23 ^{**} | 0,56 ^{ns} | 2,20 ^{ns} | 2,75 ^{ns} |
| Tratamento | 2,26 ^{ns} | 2,55 ^{ns} | 2,60 ^{ns} | 2,00 ^{ns} | 2,60 ^{ns} | 2,19 ^{ns} | 2,36 ^{ns} |
| Média | 60,49 | 57,67 | 95,35 | 65,75 | 25,5 | 38,12 | 129,36 |
| CV (%) | 7,39 | 6,9 | 1,22 | 13,38 | 17,58 | 16,7 | 7,2 |

FV: fonte de variação; CV: Coeficiente de variação; ^{ns} não significativo; * e ** significativo p<0,05 e p<0,01, pelo teste t de Student. INFU: Número de vagens no terço inferior com um grão; INFDO: Número de vagens no terço inferior com dois grãos; INFTR: Número de vagens no terço inferior com três grãos; INFCH: Número de vagens chochas no terço inferior; INFT: Número de vagens no terço inferior; INFVV: Número de vagens viáveis no terço inferior; INF%V: Porcentagem de vagens viáveis no terço inferior; As demais siglas iniciadas com MED e SUP, ambas são respectivas ao terço médio e superior das plantas. NVP: Número de vagens por planta; NVVP: Número de vagens viáveis por planta; %TVV: Total da porcentagem de vagens viáveis; NGINF: Número de grãos referente ao terço inferior; NTGMED: Número total de grãos referente ao terço médio; NGSUP: Número de grãos referente ao terço superior; NGP: Número de grãos por planta.

Entre os possíveis alvos para melhorar a produtividade de plantas de soja de acordo com Ainsworth e Bush (2011) estaria relacionado entre a exportação de açúcar nas folhas e a demanda pelos drenos (flores, vagens e grãos) identificado como o transporte de sacarose pelo floema. Estudos vinculados a dinâmica de florescimento e desenvolvimento de vagens em nós de plantas de soja com isolamento do floema, citados por Egli e Bruening (2002) determinaram que a

utilização de uma grande quantidade de assimilados por vagens em rápido crescimento inicial, oriundas de flores fecundadas precocemente, pode ser um dos fatores que propõem o abortamento de flores emitidas tardiamente.

O controle do desenvolvimento de flores pode ocorrer através da vascularização dos tecidos, a qual, possivelmente seja regulada pelo balanço hormonal, em resposta a fatores fisiológicos, nutricionais ou pela interação destes com o ambiente externo. Esta característica, possivelmente, seja determinada geneticamente e regulada hormonalmente, em resposta a processos endógenos e exógenos (FIOREZE, 2013).

Os resultados obtidos neste estudo demonstram, que através do método de suprimento exógeno de sacarose direcionada as flores, o açúcar foi prontamente disponibilizado aos órgãos de interesse, para a dinâmica de se obter melhor entendimento sobre a capacidade de transporte de fotoassimilados e a oferta de carboidratos. Todavia, apesar de haver uma possível competição ente drenos, a qual determina a abscisão de flores, a aplicação de sacarose direcionada às flores não aumentou a taxa de fixação. Assim é possível que existam outros mecanismos envolvidos no controle deste processo de fixação de flores, os quais ainda precisam ser melhor estudados.

Em busca do real entendimento dos mecanismos que comprometem o maior rendimento, observou-se, que mesmo, havendo a disponibilidade de sacarose via foliar (fonte) e diretamente às flores (drenos), isto, não se refletiu na alteração do peso e produtividade da cultura em condições normais de cultivo, sem isolamento de fatores edafoclimáticos (Tabela 15).

Tabela 15. Resumo da análise de variância referente ao peso de mil grãos e a produtividade de plantas de soja (BMX Ativa) em função da aplicação de diferentes doses de sacarose durante o estágio R1. Curitiba (SC), 2015.

| FV | MMG | PROD |
|------------|--------------------|--------------------|
| Bloco | 5,31 ^{**} | 0,74 ^{ns} |
| Tratamento | 1,69 ^{ns} | 1,29 ^{ns} |
| Média | 162,16 | 122,60 |
| CV (%) | 3,17 | 35,06 |

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t de Student ($p < 0,05$). DMS: diferença mínima significativa. MMG: Massa de mil grãos; PROD: Produtividade de plantas de soja tratadas.

Quando analisada a atividade metabólica durante o florescimento, além da síntese de sacarose e seu transporte, estudos futuros devem ser realizados

incluindo as demais variáveis inseridas. Os processos fisiológicos demonstram que além da disponibilidade e transporte de carboidratos, a função primordial dos açúcares não depende apenas da participação direta na síntese de compostos bioquímicos e produção de energia, mas também na estabilização das membranas (HOEKSTRA *et al.*, 2001; BEHZAD *et al.*, 2011), ações como reguladores da expressão dos genes (KOCH, 1996) e atuação na quantidade e atividade da enzima Rubisco (MOORE *et al.*, 1999).

Modernas cultivares de soja apresentam maior eficiência na interceptação, conversão e particionamento da energia luminosa e uso do carbono fixado. No entanto, de acordo com Dermody *et al.*, (2008), dosséis de soja interceptam cerca de 50-75% da radiação, considerando-se que o potencial máximo teórico seria de 90% (ZHU *et al.*, 2010). Estudos da eficiência na conversão de energia tem sido o foco das estratégias para melhoria do rendimento (AMTHOR, 2010; ZHU *et al.*, 2010; PARRY *et al.*, 2010; RAINES, 2011; AINSWORTH *et al.*, 2012). Porém, o aumento da eficiência de conversão não é bem compreendido, de modo que o potencial de conversão se mantém abaixo do potencial teórico. Estes dados são obtidos através da equação Monteith, utilizada para avaliar quais os parâmetros estão no seu potencial máximo teórico e que poderiam ser melhorados para obtenção de maiores avanços no rendimento da soja (GIFFORD *et al.*, 1984; LOOMIS; AMTHOR, 1999; REYNOLDS *et al.*, 2000; REYNOLDS *et al.*, 2010; ZHU *et al.*, 2010; AINSWORTH *et al.*, 2012).

Segundo Vaughn, Harrington e Bush (2002), estudos voltados a combinação de genes (SUC) transportadores de sacarose, podem ser uma estratégia para elevar o rendimento, havendo aumento da força pelos drenos e pelo transporte através do floema no período reprodutivo. De acordo com Ainsworth *et al.*, (2012), a melhoria na alocação de carbono no desenvolvimento inicial de vagens e o sincronismo floral podem otimizar a sobrevivência destes.

Com a realização do presente estudo, foram obtidas informações relacionadas a atividade fotossintética de plantas de soja durante a fase reprodutiva, a qual, quando analisado de forma isolada o fornecimento de sacarose não elevou a fixação de flores. A capacidade de transporte de assimilados das fontes para os drenos não parece limitar o fornecimento de carboidratos durante o florescimento da cultura. Contudo, as vias de sinalização determinadas por açúcares necessitam

ainda serem estudadas e relacionadas com a capacidade de alocação e a utilização de carboidratos dentro da planta.

Os mecanismos que regulam a atividade fotossintética são complexos, estando relacionados com os demais fatores envolvidos na abscisão de flores de soja. Deste modo, quando viável o estudo em conjunto dos fatores, com a interação dos fatores genéticos, hormonais, nutricionais, anatômicos e do metabolismo de carboidratos, podem auxiliar no melhor entendimento da limitação da expressão do potencial da cultura.

Os resultados obtidos podem servir de base para o planejamento de novas pesquisas, as quais, apresentem maior número de aplicações ou uso de doses mais elevada, aplicadas nos demais estádio reprodutivos, utilizando-se maior número de matérias genéticos, além de uso de cultivares de hábito de crescimento indeterminado para os tratamentos realizados no campo. Para que assim, seja possível obter-se melhor entendimento dos fatores limitantes vinculados ao abortamento das flores da soja.

5 CONCLUSÕES

O suprimento exógeno de sacarose via foliar reduz a assimilação líquida de carbono de plantas de soja, principalmente quando cultivadas em casa de vegetação;

A redução na atividade fotossintética de folhas de soja, em decorrência da aplicação de sacarose está associada a limitações estomáticas;

A aplicação foliar de sacarosa reduziu a massa de grãos apenas em plantas de soja cultivadas em casa de vegetação;

A aplicação única de sacarose, nas doses testadas, direcionada às flores ou via foliar, não afeta os componentes da produção e tampouco a produção de grãos em plantas de soja cultivadas em campo.

REFERÊNCIAS

- ABDIN, O. A.; ZHOU, X.; COULMAN, B. E.; CLOUTIER, D.; FARIS, M. A.; SMITH, D. L. Effects of sucrose supplementation by stem injection on the development of soybean plants. **Journal of Experimental Botany**, v.49, n. 329, p.2013-2018, Dec.1998.
- AINSWORTH, E. A; BUSH, D. R. Carbohydrate Export from the Leaf: A Highly Regulated Process and Target to Enhance Photosynthesis and Productivity. **Plant Physiology**. v.155, n.5, p. 64-69, Apr. 2011.
- AINSWORTH, E. A.; YENDREK, C. R.; SKONECZKA, J. A.; LONG, S. P. Accelerating yield potential in soybean: potential targets for biotechnological improvement. **Plant Cell Environment**, v.35, n.1, p.38-52, Jan. 2012.
- ALIYEV, J. A.; MIRZOYEV, R. S. Photosynthesis and productivity of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, Washington, v. 65, n. 5-6, p. 60-70, 2010.
- AMTHOR, J. S. From sunlight to phytomass: on the potential efficiency of converting solar radiation to phyto-energy. **New Phytologist**, v.188, n.4, p.939-959, Dec. 2010.
- ANTOS, M.; WIEBOLD, W. Abscission, total soluble sugars, and starch profiles within a soybean canopy. **Agronomy Journal**, v.76 n.5, p. 715-719, 1984.
- BARTAL, A.; BAR-YOSEF, B.; KAFKAFI, U. Modeling pepper seedling growth and nutrient-uptake as a function of cultural conditions. **Agronomy Journal**, v.85, n.3, p.718-724, 1993.
- BEHZAD, R.; NAJMEH, M.; ALI, A. E.; HASSAN, K. M. Molecularly imprinted-multiwall carbon nanotube paste electrode as a biosensor for voltammetric detection of rutin. **Analytical Method**, v.3, p. 2510-2516, Oct. 2011.
- BORRÁS, L.; WESTGATE, M. E.; OTEGUI, M. E.; Control of kernel weight and kernel water relations by post-flowering source-sink ratio in maize. **Annals of Botany**, v.91, n.7, p.857-867, June. 2003.
- BRASMAX GENÉTICA. **Cultivar BRASMAX BMX Ativa RR**. Disponível em: <<http://brasmaxgenetica.com.br/cultivar/regiao-sul/produto/24> > Acesso em: 10 out. 2015.
- BREVEDAN, R. E.; EGLI Y, D. B.; LEGGETT, J. E. Influence of nitrogen nutrition on flower and pod abortion and yield of soybeans. **Agronomy Journal**, v. 70, n.1, p. 81-84, Jan, 1978.
- BRONDANI, C.; BRONDANI, R. P. V.; RANGEL, P. H. N. **Utilização de marcadores moleculares em programas de ampliação da base genética de espécies cultivadas** /. – Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 36 p. – (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, 155).

BRUN, W. A.; BETTS, K. J. Source/Sink Relations of Abscising and Nonabscising Soybean Flowers. **Plant Physiology**, v. 75, p.187-191, Jan. 1984.

CASAROLI, D. et al. Radiação Solar e Aspectos Fisiológicos na Cultura de Soja - Uma Revisão. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.14, n.2, p.102-120. 2007.

CARLSON, D.R.; DYER, D.J.; COTTERMAN, C.D.; DURLEY, R.C. The physiological basis for cytokinin induced increases in pod set in IX93-100 soybeans. **Plant Physiology**, v.84, n.2, p.233-239, Sept. 1987.

CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S.; MAROCO, J.; RODERIGUES, M. L.; RICARDO, C. P. P.; OSO'RIO, M. L.; CARVALHO, I.; FARIA, T.; PINHEIRO, C. How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. **Annals of Botany**, v.89, p.907-916, Feb. 2002.

CHIOU, T. J.; BUSH, D. R. Sucrose is a signal molecule in assimilate partitioning. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 95, n.8, p.4784-4788, Feb.1998.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, setembro 2015**. Brasília: CONAB, v.2, n. 12, p.1-139, 2015.

DAVIES, P. J. **Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 1995. 833 p.

DERMODY, O.; LONG, S. P.; MCCONNAUGHAY, K.; DELUCIA, E. H. How do elevated CO₂ and O₃ affect the interception and utilization of radiation by a soybean canopy? **Global Change Biology**, v.14, n.3, p.556-564, Nov. 2008.

DENARDIN, V. F.; SULZBACH, M. T. A Agropecuária no Oeste Catarinense-SC: É possível ser sustentável?. **Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**, p.1-26, 2002.

DIETRICH, J. T.; KAMINEK, M.; BLEVINS, D. G.; REINBOTT, T. M. MORRIS, R. O. Changes in cytokinins and cytokinin oxidase activity in developing maize kernels and the effects of exogenous cytokinin on kernel development. **Plant Physiology and Biochemistry**, Bari, v.33, p. 327-336, 1995.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; OLIVEIRA, A. C.; FANCELLI, A. L.; COSTA, J. D. Partição de fitomassa e limitações do rendimento de milho (*Zea mays* L.) relacionadas com a fonte dreno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 4. Fortaleza, 1993. Resumos. Fortaleza, SBFV; UFCE, 1993. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v.5. n.1, p.1-120, jun. 1993.

DYBING, C. D.; GHIASI, H; PAECH, C; Biochemical Characterization of Soybean Ovary Growth from Anthesis to Abscission of Aborting Ovaries. **Plant Physiology**, v.81, p.1069-1074, Apr. 1986.

DYBING, C. D. Soybean flower production as related to plant growth and seed yield. **Crop Science**, Madison, v.34, n.2, p.489-497, 1994.

EGLI, D. B.; BRUENING, W. P. Flowering and fruit set dynamics at phloem-isolated nodes in soybean. **Field Crops Resersh**, v. 79, n. 1, p. 9-19, Dec. 2002.

EGLI, D. B.; BRUENING, W. P. Shade and temporal distribution of pod production and pod set in soybean. **Crop Science**, Madison, v.45, n.5, p.1764–1769. Sept. 2005.

EGLI, D. B.; BRUENING, W. P. Source-sink relationships, seed sucrose levels and seed growth rates in soybeans. **Annals of Botany**, v.88, n.2, p.235-242, Apr. 2001.

EGLI, D. B.; GUFFY, R. D.; MECKEL, L. W.; LEGGETT, J. E. The effect of source-sink alterations on soybean seed growth. **Annals of Botany**, v. 55, p.395-402, 1985.

EGLI, D. B.; RAMSEUR, E. L.; YU ZHEN-WEN, SULLIVAN, C. H. Source-sink alterations affect the number of cells in soybean cotyledons. **Crop Science**, v.29, p.732-725, 1989.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias para a cultura da soja na região central do Brasil 2009/2010**. Londrina: CNPSO, 2002. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br>>. Acesso em: 27 out 2015.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

EVANS, L. T. **Crop evolution, adaptation and yield**. Cambridge, Inglaterra. Cambridge University Press, 1993. 500p.

FAGERIA, C. K. et al. **Physiology of crop production**. New York: Haworth Press, Incorporated, 2006. p.117-130.

FAKIR, M. S. A.; MONDAL, M. M. A.; ISMAIL, M.R.; ASHRAFUZZAMAN, M. Flowering pattern and reproductive efficiency in mungbean. **International Journal of Agriculture & Biology**, Faisalabad, v.13, p.966–970, 2011.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: State University of Science and Technology, 1977. 11p. (Special report, 80).

FEHR, W.R. **Principles of cultivar development**. New York: Macmillan, 1987. 525p.

FIOREZE, S. L. **Cálcio, citocinina, déficit hídrico e sombreamento na fixação de estruturas reprodutivas de soja**. 2013. 116f. Dissertação (Doutorado em

Agronomia - Agricultura). Universidade Paulista "Júlio de Mesquita Filho", São Paulo, 2013.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê**. 4. ed. Passo Fundo: UFP, 2008, 374p.

FRANCK, N.; VAAST, P.; GÉNARD, M.; DAUZAT, J. Soluble sugars mediate sink-feedback down-regulation of leaf photosynthesis in field-grown *Coffea Arabica*. **Tree Physiology**, v.26, n.4, p. 517-525, Apr. 2006.

FROMMER, W. B., SONNERWALD. Molecular analysis of carbono partitioning in solanaceous species. **Journal of Experimental Botany**, v.46, n.6, p.587-607, Feb. 1995.

GIBSON, S. I. Control of plant development and gene expression by sugar signaling. Current **Opinion in Plant Biology**, v.8, n.1, p. 93-102, Feb. 2005.

GIFFORD, R. M.; THORNE, J. H.; HITZ, W. D.; GIAQUINTA, R. T. Crop productivity and photoassimilate partitioning. **Science**, v.225, n. 4664, p. 801-808, Aug. 1984.

HAYATI, D. KARAMI, E. Factors influencing technical knowledge, sustainable agricultural knowledge and sustainability of farming system among wheat producers in Fars province, **M.Sc. thesis presented in College of Agriculture**, Shiraz Univ., v.3, n.2, p.21-34, 1999.

HEIDEL, J. C.; BRUN, W. Light and shade effects on abscission and C-Photoassimilate partitioning among reproductive structures in soybean. **Plant Physiology**, v. 73, n.2, p. 434-439, Oct. 1983.

HEINDL, J.C.; CARSON, D.L.; BRUN, W.A.; BRENNER, M.L. Ontogenetic variation of four cytokinins in soybean root pressure exudate. **Plant Physiology**, v. 70, n.6, p. 619-625, Dec. 1982.

HERBERT, S. J.; LITCHFIELD, G. V. Partitioning soybean seed yield componentes. **Crop Science**, Madison, v.22, n.5, p. 1074-1079, Sept. 1982.

HOEKSTRA, F. A.; GOLOVINA, E. A.; BUITINK, J. Mechanisms of plant desiccation tolerance. **Trends Plant Science**, v. 6, n.2, p. 431-438, Sept. 2001.

HOFMEYR, J. H. S. Anaerobic energy metabolism in yeast as a supply-demand system. In____: CORNISH-BOWDEN, A., ed. **New beer in an old bottle. Eduard Buchner and the growth of biochemical knowledge**. Universitat de València, 1998, p. 225-242.

HOFMEYR, J. H. S.; CORNISH-BOWDEN, A. Regulating the cellular economy of supply and demand. **FEBS Letters**, v, 476, n.1, p. 47-51, Jun. 2000.

HUFF, A. DYBING, C. D. Factors affecting shedding of flowers in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Journal of Experimental Botany**., v. 31, n.3, p. 751-762, 1980.

HURRY, V. M.; STRAND, A.; TOBIAESON, M.; GARDESTRÖM, P.; ÖQUIST, G. Cold hardening of spring and winter wheat and rape results in differential effects on growth, carbon metabolism, and carbohydrate content. **Plant Physiology**, Rockville, v. 109, n. 2, p. 697-706, Aug. 1995.

JIANG, H.; EGLI, D. B. Shade induced changes in flower and pod number and flower and fruit abscission in soybean. **Agronomy Journal**, v. 85, n. 2, p. 221–225, Mar./Apr. 1993.

KASAI, M. Regulation of leaf photosynthetic rate correlating with leaf carbohydrate status and activation state of Rubisco under a variety of photosynthetic source/ sink balances. **Physiologia Plantarum**, v.134, n.1, p. 216-226, Sep. 2008.

KASAI, M. Regulation of leaf photosynthesis through photosynthetic sourcesink balance in soybean plants. In__ **Soybean Physiology and Biochemistry**. ELSHEMY, H. A. InTech Open Access Publisher, Rijeka, Croatia, p. 443-460, 2011.

KASAI, M.; KOIDE, K.; ICHIKAWA, Y. Effect of pot size on various characteristics related to photosynthetic matter production in soybean plants. **International Journal of Agronomy**, v. 7, p. 731-751, Apr. 2012.

KASAI, M; TAKAHASHI, W. Interaction of Photosynthetic Source-Sink Balance and Activities of Membrane H⁺ Pumps in Soybean. **InTech**, cap. 14, p. 300-316, 2013.

KATO, I. Histological and embryological studies on fallen flowers, pods and abortive seeds in soybean, *Glycine max* (L.). **Tokai-Kinki National Agricultural Experiment Station Bulletin**, v.11, p. 1-52, 1964.

KATO, I.; SAKAGUCHI, S.; NAITO, Y. Anatomical observations on fallen buds, flowers and pods of soybean, *Glycine max* M. **Tokai-Kinki National Agricultural Experiment Station Bulletin**, v.2, p.159-168, 1955.

KATO, I.; SAKAGUCHI, S. Studies on the mechanism of occurrence of abortive grains and their prevention in soybeans, *Glycine max* M. **Tokai-Kinki National Agricultural Experiment Station Bulletin**, v.1, p. 115-132, 1954.

KOCH, K. E. Sucrose metabolism: regulatory mechanisms and pivotal roles in sugar sensing and plant development. **Plant Biology**, v. 7, n.3, p. 235–246, June. 2004.

KOCH, K. E. Carbohydrate-modulated gene expression in plants. **Plant Physiol**, v.47, p. 509-540, 1996.

KOESTER, R. P.; SKONECZKA, J. A.; CARY, T. R; DIERS, B. W.; AINSWORTH, E. A. Historical gains in soybean (*Glycine max* Merr.) seed yield are driven by linear increases in light interception, energy conversion, and partitioning efficiencies. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 12, p. 3311-3321, 2014.

KOKUBUN, M. Design and evaluation of soybean ideotypes. **Bulletin of Tohoku National Agricultural Experiment Station**, Ibaraki, v. 77, p. 77-142, 1988.

KOKUBUN, M.; HONDA, L. Intra-raceme variation in pod set probability is associated with cytokinin content in soybeans. **Plant Production Science**, Kyoto, v.3, n.4, p.354-359, 2000.

KOKUBUN, M. Physiological Mechanisms Regulating Flower Abortion in Soybean. **Soybean - Biochemistry, Chemistry and Physiology**, v. 41, n.6, p. 541-554, Apr. 2011.

KOKUBUN, M.; SHIMADA, S.; TAKAHASHI, M. Flower Abortion Caused by Preanthesis Water Deficit Is Not Attributed to Impairment of Pollen in Soybean. **Crop Science**, v. 41, n.5, p.1517–1521, Sep. 2001.

KRAPP, A. STITT, M. An evaluation of direct and indirect mechanisms for the 'sink-regulation' of photosynthesis in spinach: changes in gas exchange, carbohydrates, metabolites, enzyme activities and steady state transcript levels after cold-girdling source leaves. **Plant**. v.195, n.3, p.313-323, Jan. 1995.

KRICHEVSKY, A.; KOZLOVSKY, S. V.; TIAN, G.; CHEN, M.; ZALTSMAN, A.; CITOVSKEY, V. How pollen tubes grow. **Developmental Biology**, Kansas, v.303, p.405-420, 2007.

LALONDE, S.; TEGEDER, M.; THRONE-HOLST, M.; FROMMER, W. B.; PATRICK, J. W. Phloem loading and unloading of sugars and amino acids. **Plant. Cell and Environment**, v.26, n.1, p.37-56, Jan. 2003.

LAMBERS, H.; CHAPIN, S. PONS, T. **Plant physiological ecology**. 2 ed. Springer, 2008, 604p.

LANGE, E. C. Soja, uma história de sucesso. *In*____: BARBIERI, R. L. (Ed.); STUMPF, E. R. T. (Ed.). **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p.781-802.

LAWSON, T. Guard cell photosynthesis and stomatal function. **New Phytol**, v. 181, p.13-34, 2009.

LEMOINE, R. et al., Source-to-sink transport of sugar and regulation by environmental factors. **Front Plant Science**, v.4, n.272, p.1-21, Jul. 2013.

LIU, F.; ANDERSEN, M. N.; JENSEN, C. R. Loss of pod set caused by drought stress is associated with water status and ABA content of reproductive structures in soybean. **Functional Plant Biology**, Collingwood, v.30, n.3, p.271–280, 2003.

LIU, F.; JENSEN, C. R.; ANDERSEN, M. N. Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. **Field Crops Research**, v. 86, n. 1, p.1–13, Feb. 2004a.

LIU, F.; JENSEN, C. R.; ANDERSEN, M. N. Pod Set Related to Photosynthetic Rate and Endogenous ABA in Soybeans Subjected to Different Water Regimes and

Exogenous ABA and BA at Early Reproductive Stages. **Annals of Botany**, v. 94, p. 405-411, July, 2004b.

LIU, B.; LI, Y.; LIU, X.; WANG, C.; JIN, J.; HERBERT, S. J. L. Lower total soluble sugars in vegetative parts of soybean plants are responsible for reduced pod number under shading conditions. **Australian Journal of Crop Science**, v.5, n.13, p. 1852-1857, 2011.

LIU, F. **Physiological regulation of pod set in soybean (*Glycine max* L. Merr.) during drought at early reproductive stages**. Department of Agricultural Sciences, Royal Veterinary and Agricultural University, 2004, 96p.

LOBO, A. K. **Modulação da fotossíntese por açúcares e deficiência hídrica em plantas de cana-de-açúcar**. 2012. 108 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Vegetal) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

LOOMIS, R. S.; AMTHOR, J. S. Yield potential, plant assimilatory capacity, and metabolic efficiencies. **Crop Science**, v.39, n.6, p.1584–1596, 1999.

MAJEROWICZ, N. Fotossíntese. In____: KERBAUY, Gilberto Barbante. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 2008. p 82-133.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Ministério da Agricultura. **Soja**. 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>> Acesso em: 16 set. 2015.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. London: Academic Press Ltd, Norfolk. 1995. 889p.

MCBLAIN, B. A.; HUME, D. J. Reproductive abortion, yield components and nitrogen content in three early soybean cultivars. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 61, n. 3, p. 499-505, July. 1981.

MCCORMICK, A. J.; CRAMER, M. D.; WATT, D. A. Sink strength regulates photosynthesis in sugarcane. **New phytologist**, v. 171, p.759-770, 2006.

MCCORMICK, A. J.; WATT, D.; CRAMER, M. D.A. Supply and demand: sink regulation of sugar accumulation in sugarcane. **Journal Experimental Botany**, v. 60, p. 357-364, Dec. 2009.

MONDAL, M. M. A.; FAKIR, M. S. A.; PRODHAN, A. K. M. A.; ISMAIL, M. R.; ASHRAFUZZAMAN, M. Deflowering effect on vasculature and yield attributes in raceme of mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. **Australian Journal of Crop Science**, Collingwood, v.5, p.1339-1344, 2011.

MOORE, B. D.; CHENG, S. H.; SIMS, D.; SEEMANN, J. R. The biochemical and molecular basis for photosynthetic acclimation to elevated atmospheric CO₂. **Plant Cell and Environment**, v.22, n.6, p.567-589, June. 1999.

NAGEL, L. et al. Cytokinin regulation of flower and pod set in soybeans. **Annals of Botany**, Oxford, v.88, n.1, p.27-31, Mar. 2001.

NAVARRO JUNIOR, H. M; COSTA, J. A; Contribuição relativados componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 37, n.3, p.269-274. Mar. 2002.

NELSON, C. D.; CLAUSS, H.; NORTIMER, D. C.; GORHAN, P. R. Select translocation of products of photosynthesis on the soybean. **Plant Physiology**, v.36, n.35, p. 581-588, Sept. 1961.

NEVES, J.A. **Desempenho agrônômico de genótipos de soja sob condições de baixa latitude em Teresina-PI**. 2011. 94f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.

NONOKAWA, K.; NAKAJIMA, T.; NAKAMURA, T.; KOKUBUN, M. Effect of Synthetic Cytokinin Application on Pod Setting of Individual Florets within Raceme in Soybean. **Plant Production Science**, v.15, n.2, p.79-81, Aug. 2012.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. de J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 86-95, 2005.

OVERVOORDE, P. J.; WOLF, B. A.; FROMMER, B.; HOWARD, D.; GRIMES, A. Soybean Sucmase Binding Pmtein Independently Mediates Nonsaturable Sucmase Uptake in Yeast. **The Plant Cell**, v. 8, p. 271-280, Fev. 1996.

PARRY, M. A.; REYNOLDS, M.; SALVUCCI, M. E.; RAINES, C.; ANDRALOJC, P. J.; ZHU X-G.; PRICE, G. D.; CONDON, A. G.; FURBANK, R. T. Raising yield potential of wheat. II. Increasing photosynthetic capacity and efficiency. **Journal of Experimental Botany**, v.62, n.2, p. 453–467, Jan. 2010.

PAUL, M. J.; PELLNY, T. K.; Carbon metabolite feedback regulation of leaf photosynthesis and development. **Journal of Experimental Botany**, v.54, n.382, p. 539-547, Jan. 2003.

PAUL, M. J. Trehalose-6-phosphate. **Current Opinion in Plant Biology**, v.10, p. 303-309, 2007.

PETERSON, C. M.; WILLIAMS, J. C.; KUANG, A. Increased pod set of determinate cultivars of soybean, *Glycine max*, with 6-benzylaminopurine. **Botanical Gazette**, v.151, n.3, p. 322-330, Sept. 1990.

RAE, A. L.; GROF, C. P. L.; CASU, R. E.; BONNETT, G. D. Sucrose accumulation in the sugarcane stem: pathways and control points for transport and compartmentation. **Field Crops Research**, v.92, n.2, p. 159-168, June. 2005.

RAINER, C. A.; Increasing photosynthetic carbon assimilation in C3 plants to improve crop yield: current and future strategies. **Plant Physiology**, v.115, n.1, p.36-42, Jan. 2011.

REYNOLDS, M. P.; BONNET, D.; CHAPMAN, S. C.; FURBANK, R. T.; MANES, Y.; MATHER, D. E.; PARRY, MAJ. Raising yield potential of wheat. I. Overviews of a consortium approach and breeding strategies. **Journal of Experimental Botany**, v.62, p.439-452, Oct. 2010.

REYNOLDS, M. P.; VAN GINKEL, M.; RIBAUT, J. M. Avenues for genetic modification of radiation use efficiency in wheat. **Journal of Experimental Botany**, v.51, p.459-73, Oct. 2000.

ROLLAND, F.; GONZALEZ, B. E.; SHEEN, J. Sugar sensing and signaling in plants: conserved in sugar signaling, carbon allocation, senescence and evolution. **Annual Review of Plant Biology**, v.57, p. 625-709, 2006.

ROLLAND, F.; MOORE, B.; SHEEN, J. Sugar sensing and signaling in plants. **The Plant Cell**, v.14, p. 185-205, 2002.

SANTOS, D. M. M. **Transporte no Floema e Partição de Fotoassimilatos**. Disciplina de Fisiologia Vegetal, Unesp, Jaboticabal, p.1-12, 2004.

SANTOS, H. P. PUGATO, E.; MERCIER, H.; BUCKERIDGE, M. S. The control of storage xyloglucan mobilization in cotyledons of *Hymenaea courbaril* L. **Plant Physiology**, v. 135, n.1, p. 287-299, May. 2004.

SAWADA, S.; HARADA, A.; ASARI, Y.; ASANO, S.; KUNINAKA, M.; KAWAMURA, H.; KASAI, M. Effects of micro-environmental factors on photosynthetic CO₂ uptake and carbon fixation metabolism in a spring ephemeral, *Erythronium japonicum*, growing in native and open habitats. **Ecological Research**, v.14, n.2, p.119-130, Nov. 1999.

SCHLEUCHER, J.; VANDERVEER, P. J.; SHARKEY, T. D. Export of carbon from chloroplasts at night. **Plant Physiology**, Rockville, v. 118, n. 4, p.1439- 1445, Dec. 1998.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M.G.; SEDIYAMA, C.S.; GOMES, J.L.L. E. **Cultura da soja**: I parte. Viçosa, UFV, 1985. 96p.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. Melhoramento da Soja. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2005, 969p.

SHEEN J. Metabolic repression of transcription in higher plants. **The Plant Cell** , v.2, n.10, p. 1027–1038, Oct. 1990.

SILVA, C. D. S. et al. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas a deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 7-13, 2010.

SINCLAIR, T.R.; WITT, C.T. Analysis of carbon and nitrogen limitations to soybean yield. **Agronomy Journal**, v.68, p.319-324, 1976.

SMITH, A.M, STITT, M. Coordination of carbon supply and plant growth. **Plant Cell**, v.30, n.9, p.1126–1149, Sept. 2007.

SONNEWALD, U.; BRAUER, M.; VON SCHAEWEN, A.; STITT, M.; WILLMITZER, L. Transgenic tobacco plants expressing yeast-derived invertase in either the cytosol, vacuole or apoplast: a powerful tool for studying sucrose metabolism and sink/source interactions. **Plant Journal**, v.1, n.1, p. 95-106, July. 1991.

STOCKMAN, Y.M.; SHIBLES, R. Soybean pod and flower abscission as influenced by carbohydrate supply during flowering. **Iowa State Journal of Research**, v. 61, n.1, p. 35-48, 1986.

STREETER, J. G.; JEFFERS, D. L. Distribution of total non-structural carbohydrates in soybean plants having increased reproductive load. **Crop Science**, v.19, n.5, p. 729-734, 1979.

SUSUKI, T; MATSUURA, T.; KAWAKAMI, N. NODA, K. Accumulation and leakage of abscisic acid during embryo development and seed dormancy in wheat. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v.30, n.3, p. 253-260, Oct. 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre (RS): Ed. ARTMED, 2004. 719 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre (RS): Ed. ARTMED, 2013. 954 p.

TANSKLEY, S. D. Mapping polygenes. **Review of Genetics**, v.27, p.205-233, 1993

UNITED STATES. **Soybean are a yield and production**. Foreign Agricultural Service, Department of Agriculture. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdreport.aspx?hidReportRetrievalName=BVS&hidReportRetrievalID=906&hidReportRetrievalTemplateID=1>> Acesso em: 10 set. 2015, 10:20.

USDA, United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production**. WAP 9-15, p.1-26, Sept. 2015. (Circular Series).

VAUGHN, M.W.; HARRINGTON, G. N.; BUSH, D. R.; Sucrose-mediated transcriptional regulation of sucrose symporter activity in the phloem. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 99, n.16, p.10876-10880, Apr. 2002.

WANG, Z.; CAO, W.; DAI, T.; ZHOU, Q. Effects of exogenous hormones on floret development and grain set in wheat. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 35, n.3, p. 225-231, 2001.

WEBER, A. P.; SCHWACKE, R.; FLUGGE, U. I. Solute transporters of the plastid envelope membrane. **Review of Plant Biology**, v.56, p.133–164, 2005.

WESCHKE, W.; PANITZ, R.; GUBATZ, S.; WANG, Q.; RADCHUK, R.; WEBER, H.; WOBUS, U. The role of invertases and hexose transporters in controlling sugar ratios

in maternal and filial tissues of barley caryopses during early development. **The Plant Journal**, v.33, n.2, p.395-411, Jan. 2003.

WESCHKE, W.; PANITZ, R.; SAUER, N.; WANG, Q.; NEUBOHN B.; WEBER, H.; WOBUS, U. Sucrose transport into barley seeds: molecular characterization of two transporters and implications for seed development and starch accumulation. **The Plant Journal**, v.21, n.5, p. 455-467, Mar. 2000.

WHITE, P.; BROADLEY, M. Calcium in Plants. **Annals of Botany**, v.92, p.487-511, 2003.

WIEBOLD, W. J.; PANCIERA, M. T. Vasculature of Soybean Racemes with Altered Intraraceme Competition. **Crop Science**, Madison, v.30, n.5, p.1089-1093, 1990.

WIENS, D. Ovule survivorship, brood size, life history, breeding systems, and reproductive success in plants. **Oecologia**, Berlin, v.64, n.1, p.47–53, 1984.

YANG, J. C.; ZHANG, J. H.; WANG, Z. Q.; ZHU, Q. S.; LIU, J. J.; Absciscic acid and cytokinins in the root exudates and leaves and their relationship to senescence and remobilization of carbon reserves in rice subjected to water stress during grain filling. **Planta**, v.215, n.4, p. 645-652, Aug. 2002.

ZHU, X-G.; LONG, S. P.; ORT, D. R. Improving photosynthetic efficiency for greater yield. **Annual Review of Plant Biology**, v.61, p.235–261, Mar. 2010.